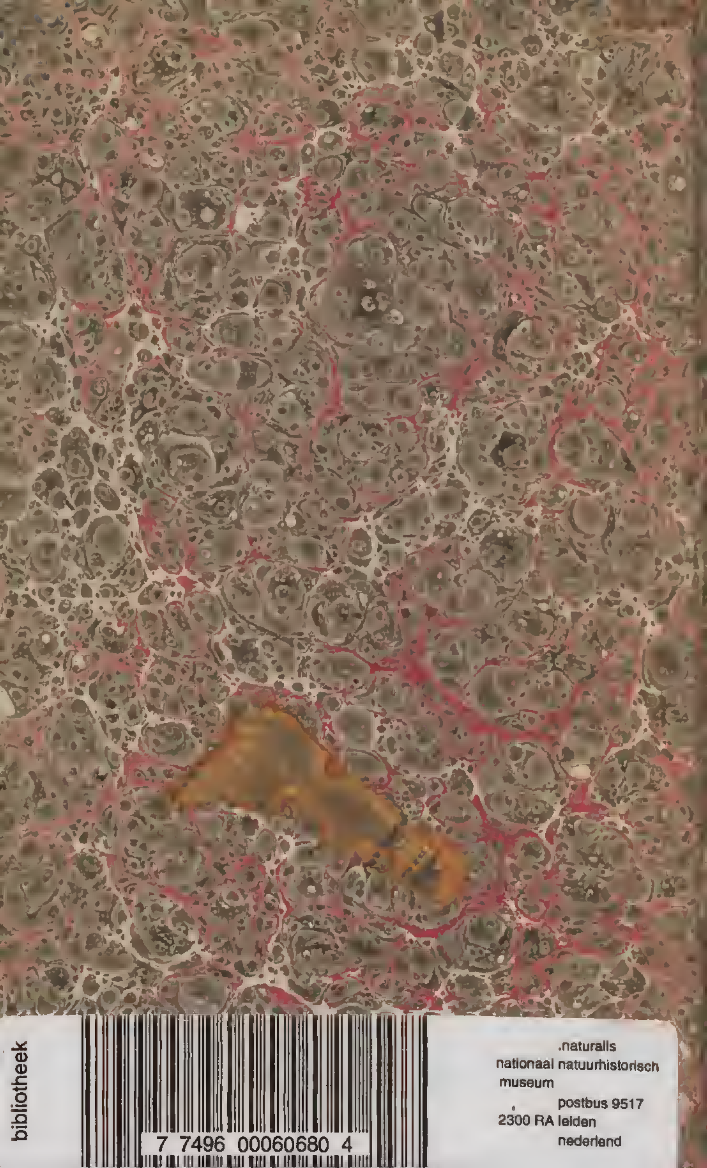
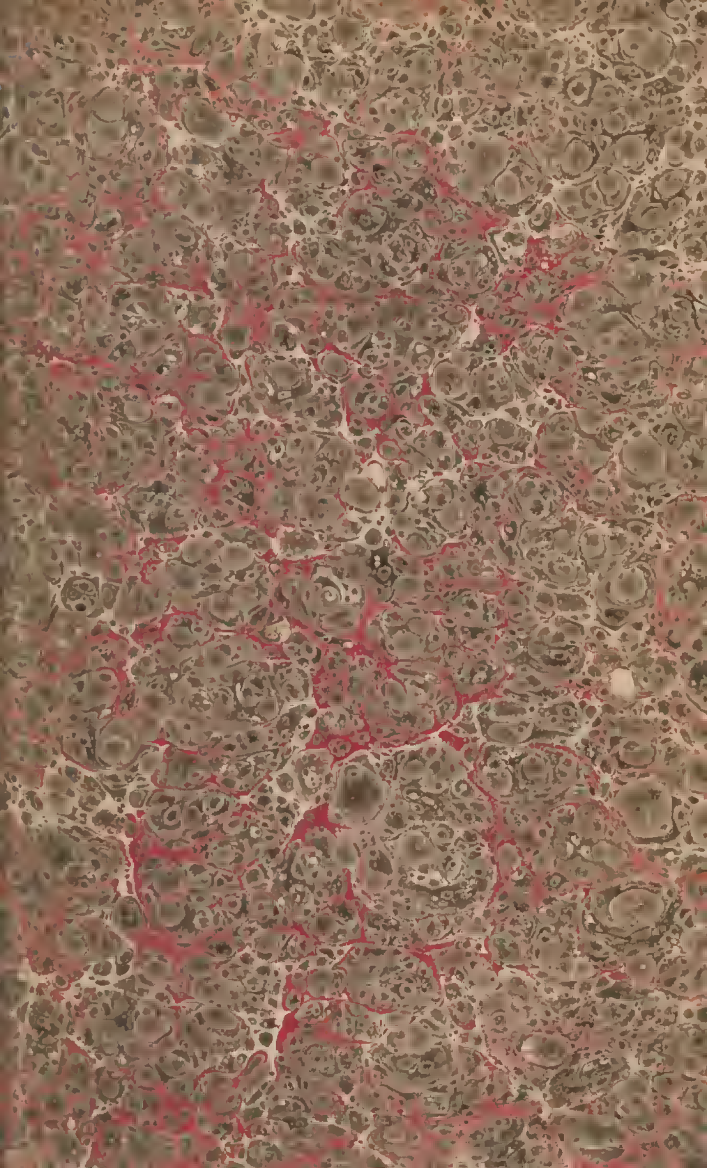

GD/538


bibliotheek
7 7496 00060680 4
.naturalis
nationaal natuurhistorisch
museum
postbus 9517
2300 RA leiden
nederland



GUIDE

DU

GÉOLOGUE-VOYAGEUR.

IMPRIMERIE D'HIPPOLYTE TILLIARD,
RUE SAINT-HYACINTHE-SAINT-MICHEL, N° 30.

GUIDE

DU

GÉOLOGUE-VOYAGEUR,

SUR LE MODÈLE DE L'AGENDA GEOGNOSTICA DE M. LÉONHARD;

PAR

AMI BOUÉ,

DOCTEUR MÉDECIN, PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE, MEMBRE DE PLUSIEURS SOCIÉTÉS SAVANTES FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

« Quant à mon style je n'en ferai point l'apologie, je connais
» ses imperfections; mais plus exercé à gravir des rochers
» qu'à tourner et polir les phrases, je ne me suis attaché qu'à
» rendre clairement les objets que j'ai vus et les impressions
» que j'ai senties. »

(*Voyage dans les Alpes*, par de SAUSSURE. Disc. prélim., vol I, p. 20).

TOME PREMIER.

PARIS.

F. G. LEVRAULT, LIBRAIRE-ÉDITEUR,

RUE DE LA HARPE, N° 81.

STRASBOURG, MÊME MAISON, RUE DES JUIFS, N° 33.

1835.

PRÉFACE.

L'*Agenda du Géologue-Voyageur*, par de Saussure (1), est le premier essai pour présenter méthodiquement les questions qu'on doit tâcher de résoudre dans toute espèce de recherches géologiques en plein champ. Un tel ouvrage est indispensable à celui qui ne fait que commencer cette étude, afin que rien d'important ne lui échappe, et qu'il profite du moins de ses voyages, si la science elle-même n'en doit pas avancer. Néanmoins, le géologue exercé peut encore consulter utilement un agenda géologique, car il peut être conduit par là à des observations qu'il aurait négligées au milieu des distractions que procure tout voyage. Il arrive souvent qu'une donnée ou une hypothèse, en apparence impor-

(1) Voyez Voyages dans les Alpes, édit. in-4°, vol. 4, p. 467; édit. in-8°, vol. 8, p. 244 à 348, et publiée à part, Genève, 1796, in-8°; trad. en all. dans les *Jahrbuch. d. Berg u. Huttenk*, de Moll, vol. 3, p. 15, et vol. 4, part. 1, p. 1, et trad. en danois par G. Wad., Copenhague, 1798, in-8°.

tante, préoccupe tellement l'esprit, qu'on est enclin à oublier beaucoup d'autres choses fort intéressantes ou même plus rationnelles. Si les fatigues du corps ont pour effet d'affaiblir l'esprit, le découragement ne s'empare que trop souvent de l'ame du voyageur en but à des tribulations très variées et sans cesse renaissantes. Le mauvais temps, les misérables auberges, le manque de moyens de transport, de méchants guides, des douanes tracassières, etc., sont autant d'écueils qui ont épuisé la patience de bien des géologues, et les ont détourné de leur but. Dans ces circonstances, un guide en poche est une espèce de contre-poison à la démoralisation de l'esprit, parce qu'il le ramène naturellement vers ses objets de prédilection, et lui rappelle sans cesse toutes les observations possibles à faire.

Pour tous les grands voyages de découvertes, on a senti la nécessité de donner aux voyageurs certaines instructions, et de leur poser quelques questions dont la solution pouvait particulièrement se trouver à leur portée; mais quelques excellents que soient de semblables documents (1), ils n'ont jamais pu embrasser tout le champ des observations, puisqu'ils n'ont été faits que pour certains voyages ou pour certaines contrées.

De plus, il y a maintenant tant de voyageurs et d'amateurs de la géologie, qu'un Guide géologique est de-

(1) On peut citer en ce genre les instructions données par La Peyrouse, et publiées dans son *Voyage autour du Monde*, 1797, vol. 4, p. 42.

venu un ouvrage indispensable ; en effet, on ne peut pas attendre de cette classe d'hommes instruits qu'ils emportent ou consultent en voyage un traité plus ou moins volumineux de géologie, il ne leur faut qu'un manuel de poche qui les instruise, les mette sans peine au fait de la science, et surtout leur rende les voyages plus agréables. En cherchant à charmer leur esprit, ils sont amenés naturellement à faire des observations intéressantes pour entrer plus tard avec plaisir dans la classe des véritables savants.

Du temps de Saussure, il n'y avait guère quelqu'un qui eût plus de droit que lui de servir de Mentor aux géologues-voyageurs; il avait fait ses preuves dans les montagnes d'un abord extrêmement difficile, il avait vu beaucoup et bien, et surtout il avait quitté le cabinet, où s'étaient renfermés trop souvent ses devanciers, pour déchiffrer les hiéroglyphes de la nature au milieu même de ses ouvrages les plus mystérieux. Son Agenda restera toujours comme la pierre angulaire de tout édifice semblable, quoique les progrès de la science demandent de nos jours une architecture conçue sur un plan plus vaste.

Avant de Saussure, Nicolas Philander Hjèlm (1) et Dolomieu(2), avaient donné des instructions nécessaires, soit au minéralogiste, soit au géologue.

---

(1) Voyez *Tal om mineral Samlingar*, Stockolm, 1755, in-8°.

(2) Voyez sa note à communiquer à Messieurs les naturalistes qui font le voyage de la mer du Sud et des contrées voisines du pôle austral, Paris, 1791, in-4°.

Environ à l'époque de la publication de Saussure, Hacquet (1) inséra aussi dans ses voyages dans les Carpathes des indications utiles au naturaliste voyageur, et plus tard parurent plusieurs semblables opuscules plus ou moins généraux ou restreints à des cas particuliers.

Tous ces derniers partent de l'Agenda de Saussure, ou ne sont que des extraits des cours de Werner. Cependant, parmi eux, il y en a dont le nom des auteurs est déjà un garant qu'ils contiennent quelques bonnes additions ou des vues particulières puisées à la source même de l'observation. Aimant à rappeler le mérite de nos prédécesseurs, nos chers frères d'armes dans cette lutte toute d'honneur, je crois devoir au moins citer les noms de MM. Brunner (2), André (3), Maurice de Engelhardt (4), Lettsom (5), Léonhard et Kopp (6), Pusch (7), Ramond (8),

(1) *Neueste physikal. politisch. Reisen durch die Dacischen u. Sarmatischen Karpathen*, Nuremberg, 1796, vol. 4, p. 223 et suiv.

(2) Voyez *Handbuch der Gebirgskunde*, Leipzig, 1803, p. 198 et suiv.

(3) Voyez le chapitre de son *Anleitung zum Studium der Mineralogie fur Anfanger*, Vienne, 1804.

(4) Voy. son *Geognostische Untersuchungs-Methode*, Riga, 1817.

(5) Son mémoire dans les *Collection of the massachusetst historical Society*, vol 4, p. 14.

(6) Voyez le chap. XXX du *Propædeutik der Mineralogie*, Francfort, 1817.

(7) Voyez son *Geognostischer Katechismus oder Anweisung zum pratischen Geognosisen*. Freiberg, 1819.

(8) Voyez les instructions données au nom de l'Académie des

Bourdet de la Nièvre (1), Hayden (2) et Brard (3). Je ne dois pas omettre d'ajouter que la Société géologique de Londres publia, en 1810, une espèce de circulaire contenant des séries de question et des indications sur la manière de conduire les recherches géologiques (4).

Enfin, MM. Brongniart (5), Buckland (6) et Fitton (7), ainsi que la direction du Musée d'histoire naturelle de

---

sciences au capitaine Freycinet, pour son voyage de découverte, ou la traduction allemande, dans le *Taschenb. f. Mineral*, vol. 12, p. 269.

(1) Voyez son Mémoire sur les qualités et les connaissances que doit avoir un naturaliste voyageur, etc. Berne, 1829, in-8°.

(2) Voyez son Agenda dans ses *Geological essays*, etc. Baltimore, 1826, in-8°.

(3) Voyez ses Nouveaux éléments de minéralogie, ou Manuel du minéralogiste voyageur. 2e édit. Paris, 1824, in-8°, p. 623 à 666.

(4) Voyez *Americ. mineralogical. j. du Dr Bruce*, vol. 1, cah. 1, p. 43; ou la traduction française dans le *J. des Mines*, vol. 23, p. 133, et *J. of the Asiat. soc. of Bengal*, vol 2, n° 10, p. 557, *Gleanings in sc. de Calcutta*, n° 14, févr. 1830, p. 41, et *Mag. of nat. history* de London, n° 15, p. 442.

(5) Voyez (*Americ. J. of sc.*, vol. 1, cah. 1, p. 71).

(6) Voyez (*Amer. J. of sc.*, vol. 3, cah. 2, p. 249).

(7) Voyez sa Description des roches de l'Australie.—Appendice au relevé des côtes occidentales de ce continent, par le capitaine Phillip. 1826, in-8°, p. 58 à 64, et *Asiat. res. Trans. of the phys. class.*, vol. 17, part. 1, p. iij.

Paris, etc. (1), ont imprimé des instructions sur le mode le plus utile pour faire des observations géologiques ou pour recollecter utilement des roches ou des fossiles.

Tout récemment, M. le colonel Jackson a publié un *Aide-Mémoire du Voyageur*, ou questions relatives à la géographie physique et politique, à l'industrie et aux beaux-arts, et à l'usage des personnes qui veulent utiliser leurs voyages ou acquérir des connaissances exactes du pays qu'elles habitent (*Paris*, 1834, in-8°).

La géologie, telle qu'on la conçoit aujourd'hui, se divise en six études : la première peut prendre le nom de *géographie physique*, et comprend des notions d'astronomie, en particulier sur la figure et les dimensions de notre planète, la météorologie, l'hydrographie, l'examen de la configuration de la terre, de ses aspérités, de ses plaines et de ses cavités, la détermination de sa densité et de la température de ses parties gazeuses, liquides et solides, le magnétisme terrestre, enfin la description des végétaux et des êtres animés du globe, ainsi que leur distribution géographique.

La seconde étude de la géologie est la *géognosie*, qui se divise en *générale* et *particulière*. La première s'occupe de la structure de l'écorce du globe, de la classification des roches, de leur structure, de leurs accidents

(1) Instructions pour les voyageurs et pour les employés dans les colonies, sur la manière de recueillir, de conserver et d'employer les objets d'histoire naturelle; 3e édit. Paris, 1829, in-8°.

et des divisons naturelles à établir entre les dépôts de la croûte terrestre. Dans la seconde, on tâche de déterminer les caractères et les particularités de chacune de ces dernières, en commençant par les couches les plus anciennes et en terminant par les plus récentes.

Une troisième étude est la *paléontologie* dans tous ses développements, et une quatrième, la *géogénie*, c'est-à-dire l'exposé de la manière la plus probable dont les dépôts terrestres ont eu lieu, et l'historique des théories émises à cet égard. Dans cette partie, il faut nécessairement suivre un ordre inverse, procéder du connu à l'inconnu, et commencer par les dépôts qui se forment sous nos yeux, pour terminer par les plus anciens et appeler à son aide les notions les plus avancées en physique, en chimie et en histoire naturelle.

Une cinquième partie de la géologie est la *géographie géologique* ou la description géologique et minéralogique individuelle de chaque zone, de chaque bassin naturel, de chaque contrée physique et de chaque chaîne. C'est la partie sur laquelle les deux précédentes sont fondées et dont le cadre s'étend chaque jour. Aucun traité ne présente de résumé en ce genre, quoique chacun d'eux soit fondé presqu'uniquement sur une ou deux contrées prises pour types, tandis qu'il faudrait réserver les détails locaux pour la géographie géologique et ne présenter que des généralités dans l'exposé des terrains ou de la géognosie particulière. Enfin une dernière partie est la *géologie appliquée* aux différents arts et à certaines sciences.

Si tel est le champ des sciences géologiques, on voit

qu'aucun des manuels indiqués précédemment, ne répond à un cadre si étendu, et qu'il restait encore à faire un *Guide du géologue-voyageur*.

Je le répète, cette classe de lecteur ne demande pas un traité abrégé, mais un espèce de petit dictionnaire qu'on puisse feuilleter en s'instruisant, et en y trouvant des applications immédiates à ses recherches. Il m'a donc paru convenable de conserver souvent le système de Saussure et de M. de Léonhard, c'est-à-dire de poser des questions à résoudre, tout en semblant indiquer les réponses les plus probables qu'on puisse faire.

Le plan de l'*Agenda geognostica* de M. de Léonhard (Heidelberg, 1829, in-8°, de 355 p.), m'ayant paru excellent, je l'ai adopté dans la plupart de ses divisions, mais j'en ai aggrandi considérablement le cadre en y ajoutant trois parties entières. Je n'ai emprunté largement à cet ouvrage, que pour mes deux premières parties, en paraphrasant, allongeant ou raccourcissant les exposés de l'auteur. Si j'ai profité ailleurs de quelques-unes de ses idées, je les ai ajusté aux points de vue, sous lesquels j'envisage individuellement la géologie ; en un mot, sur le canevas de l'ouvrage du célèbre professeur de Heidelberg, j'en ai bâti un autre, qui ne m'appartient presqu'exclusivement en propre, qu'à partir de ma troisième partie. Enfin j'ai ajouté de nombreuses indications relatives à l'histoire naturelle, à la bibliographie et aux voyages géologiques.

Mon guide est divisé en sept parties. Les notions de *géographie physique* sont précédées par des *indications sur la manière de voyager*, et les *objets nécessaires au géolo-*

gue-voyageur. Pour ne pas trop allonger l'ouvrage, j'ai omis les notions astronomiques et je n'ai fait qu'indiquer les observations qui étaient du domaine de la météorologie, de la physique et du magnétisme.

Ma troisième partie comprend la *Géognosie générale;* la quatrième la *Géognosie particulière;* et la cinquième la *Paléontologie*. La *Géographie géologique* et la *Géogénie*, ne pouvant guère être traitées à part dans un guide tel que celui-ci, j'ai cru préférable de terminer chaque article de géographie physique ou de géognosie, par des idées ou des questions géogéniques, tandis que j'ai substitué à un traité complet de géographie géologique, un espèce de guide routier, dans les contrées les mieux connues en Europe. Enfin, quelques mots sur les *applications de la géologie*, des *données bibliographiques* et relatives aux *collections géologiques*, m'ont paru compléter l'ouvrage.

Je suis bien sûr qu'on y remarquera des omissions, d'autres y trouveront peut-être des hors-d'œuvre ou des longueurs, si on ne veut pas du moins se donner la peine d'entrer dans l'esprit de mon opuscule. Or, il a pour but d'indiquer les moyens d'observer et de décrire bien et avec méthode, et il renferme de plus des sommaires, des données principales de la géologie, avec quelques développements sur certaines parties de cette science. Ces dernières additions m'ont paru provoquées, d'un côté, parce que je n'ai pas trouvé ces sujets exposés suffisamment dans les traités, et, de l'autre, parce qu'ils prennent place parmi les observations d'une application usuelle dans la géologie en plein champ.

Je n'ai plus qu'à ajouter qu'on pourra aisément juger d'après ce livre les bases sur lesquelles je voudrais voir fonder les traités de géologie, heureux si quelqu'un sait exploiter mon cadre avec avantage avant que j'aie eu le temps de le remplir. Je n'ai jamais cherché qu'à avancer la science, et non à l'exploiter.

Jeté en quelque sorte dès mon bas âge sur les grandes routes, comme, du reste, la plupart des miens, ayant partagé mon existence entre sept capitales de l'Europe, ayant de proches parents dans une dixaine de villes dispersées dans le nord, l'ouest et le centre de ce continent, le lecteur comprendra mon humeur voyageuse, mon penchant irrésistible pour la vie vagabonde, surtout lorsqu'il saura que j'étais orphelin à onze ans, et et entièrement libre de mes mouvements à vingt. Or, ce manque de fixité dans la résidence, cette facilité de me déplacer et de savoir me trouver bien partout, en prenant les usages et le langage de chaque pays où j'ai habité; ces diverses circonstances, dis-je, ont dû naturellement m'apprendre à voyager, et peuvent jusqu'à un certain point faire pardonner ma prétention de pouvoir dire à cet égard plus que d'autres.

Si je suis franc dans mon parler, plutôt trop circonstancié que bref, je me flatte du moins que toutes mes indications seront trouvées marquées au coin de la pratique. J'ai parcouru une bonne partie de l'Europe. et j'ai pu examiner en détail non-seulement toutes les formations de ce continent, mais encore la plupart de leurs principaux accidents. Malgré les rudes aventures que mes voyages m'ont procuré, ce n'est point cependant

un invalide qui parle et prend congé de la vie active, mais c'est un homme qui, ayant beaucoup vu depuis vingt ans, croit utile de récapituler ses observations pratiques pour en faire profiter ses semblables, et avant de se remettre en route pour continuer la vie errante à laquelle le destin paraît l'avoir condamnée. L'Occident me fuit, l'Orient m'appelle, mon tombeau sera où le ciel voudra.

INTRODUCTION.

Aucune époque n'a été plus fertile en voyages géologiques que la nôtre, chaque jour voit s'étendre nos connaissances en géographie géognostique et, en comparant le mode actuel d'observation à ce qui avait lieu au commencement de ce siècle, on s'aperçoit que la géologie a subi une révolution semblable à celle de la civilisation.

Comme science intermédiaire entre les études naturelles et physiques, la géologie a du profiter des progrès qu'ont fait ces dernières, mais comme science faite en plein champ, elle a du suivre l'impulsion qu'une nouvelle ère sociale a donnée au monde. Pour les voyages, il faut de l'argent, des routes, des moyens de transport aussi faciles que nombreux et une abondance suffisante d'auberges; or, toutes ces choses nécessaires au géologue-voyageur, sont sorties de l'organisation sociale du dix neuvième siècle.

La classe moyenne ou aisée de la société n'a cessé d'augmenter partout, l'instruction est devenue toujours plus générale, les guerres comme les intérêts commer-

ciaux, bien entendus, ont couvert presque toutes les contrées civilisées de diverses espèces de voies de communication et de moyens de transports, en même temps que les fleuves, les lacs et les mers ont commencé à porter des vaisseaux à vapeur. Le commerce a aussi pris une extension exhorbitante, tant dans l'intérieur de chaque état qu'entre chaque principauté ou royaume; les peuples se sont rapprochés considérablement; l'étude des langues comme celle des voyages est devenue une mode; enfin, l'Europe est sur le point de n'être plus qu'une vaste famille, dont le domaine est parcouru, à tous les instants par des millions de voyageurs.

Naturellement ce caractère particulier de l'état actuel de la civilisation a dû modifier beaucoup la tâche du géologue-voyageur. Si l'on faisait autrefois de bonnes observations locales, il y avait cependant toujours une tendance à rechercher des explications géogéniques plutôt que géologiques; c'était des théories de la terre qu'il fallait construire, sans s'inquiéter jamais assez si ces hypothèses étaient entièrement conforme à la vérité des descriptions. Maintenant il en est tout autrement, car on s'attache surtout à l'exposé des faits et on ne regarde les systèmes que comme les résultats ou les déductions tirés de ces derniers.

Il y a un quart de siècle si une contrée relevée soigneusement était comparée avec les autres parties connues ou inconnues de la terre, on ne pouvait que recevoir, avec une extrême défiance, les pensées de géogénie résultant d'un semblable travail. Or, à présent nous approchons d'un temps où l'accumulation des observations et des relevés de chaînes et de pays entiers conduit incessamment à une géologie basée sur des principes naturels invariables, en un mot à une véritable histoire de notre globe. A la place des données incertaines de

nos devanciers, on voit s'exécuter des recherches consciencieuses dans les contrées les plus diverses et les régions les plus lointaines, et toutes ces observations convergent vers certains principes fixes et généraux.

Ainsi nous acquérons les preuves irréfragables que, sous toutes les zônes et dans les temps les plus reculés comme dans les plus modernes, il y a eu et il y a encore une similitude remarquable dans la nature et les parties constituantes des roches, dans les fossiles des divers dépôts de vastes bassins ou régions, dans les fractures ou les filons, dans les soulèvements probablement dus à des actions volcaniques, dans la configuration extérieure des mêmes terrains, dans l'alternance de diverses roches ou de différents dépôts, etc. En un mot, la nouvelle méthode d'observation progressive a fait découvrir, dans les pays les plus visités ou les mieux connus, des faits qui confirment autant certaines idées anciennes qu'elles forcent à en rejeter complètement d'autres.

Étant une science qui force à chercher et non pas à découvrir *à priori* comme la géométrie, la géologie offre des difficultés que ne présentent guère les autres sciences naturelles. S'il faut procéder dans les recherches avec beaucoup de tact, de prudence et de persévérance, des obstacles très différents se présentent, par exemple, suivant qu'on examine une contrée plus ou moins étendue ou difficile à étudier. D'une autre part, il est vrai qu'on retrouve, dans toutes les régions de la terre, les mêmes roches, les mêmes séries principales de dépôts, les mêmes rapports de gisements, les mêmes groupements de formations semblables ou hétérogènes. Si donc l'examen de la croute de notre planète n'offre pas cette variété infinie, qui est le partage de l'observateur de la nature vivante, les recherches du géologue n'en restent pas moins un travail très compliqué.

D'abord sa tâche n'est que trop souvent de parcourir, comme les plus instructives, des contrées très inhospitalières, celles dont la visite lui coute la privation de toutes les commodités de la vie, ou même celles qu'il ne voit pas sans courir des dangers réels. Mais, abstraction faite de ces difficultés de voyage et malgré l'universalité de dépôts semblables, d'autres obstacles viennent encore s'opposer aux recherches et décourager les amateurs en géologie.

Le grandiose des ouvrages de la nature, l'aspect nouveau de tant de pays montagneux étonnent le commençant; la grande diversité des objets le distrait facilement, lui fait trop souvent négliger les choses les plus importantes et perdre le fruit d'un voyage. Au contraire s'il est trop minutieux, il est apte à se perdre dans les détails sans pouvoir arriver aux idées générales dont se compose l'essence d'une science. Or, si le don de la généralisation fut nécessaire à un savant, c'est une qualité indispensable pour un bon géologue. Sans elle des accidents de différentes espèces prendront fréquemment, aux yeux de l'observateur, l'apparence trompeuse de loix; car, en géologie, on n'arrive à la vérité ou à une certaine probabilité, que par des combinaisons dont les termes souvent isolés, ne se laissent glaner que dans les endroits les plus distants les uns des autres.

Rarement l'étude de la composition d'une chaine et des rapports de gisement de ses roches, est facilitée par plusieurs affleurements ou dénudations considérables; au contraire une riche végétation ne couvre qu'en trop de lieux les pentes et même les cimes des montagnes. Il n'est pas toujours aisé de saisir de prime abord la liaison de tout ce qu'on observe, et d'accorder les faits avec les données admises dans la science. Souvent le géologue se trouve en présence de phénomènes isolés, et

il a de la peine à voir les choses en grand, comme le demandent peut être les ouvrages de la nature. Quelquefois des alternatives et des passages fréquents rendent très difficile l'établissement des rapports de gisements.

Dans un lieu on peut avoir à étudier des dépôts dont les points de comparaison demandent des recherches pénibles, ce qui peut faire commettre aisément, aux personnes manquant d'expérience, des erreurs faute de patience ou faute de connaître bien les roches. Ailleurs la configuration inaccessible des montagnes ne permet d'apercevoir que de loin les objets dont dépend la solution d'un problême; l'observateur est obligé de s'arrêter sur les débris des sommités qu'il est hors du pouvoir de l'homme d'atteindre, ou même il ne peut parvenir à la connaissance de certaines montagnes que par les blocs épars sur leurs contreforts.

La structure d'une chaîne peut être en général telle, qu'il soit impossible d'y reconnaître une succession régulière de dépôts, quoique des indices insuffisants d'un pareil ordre s'y laissent apercevoir ça et là. Certaines coupes peuvent être morcellées et brisées par suite de failles, de déjètements ou de contournements, de telle manière qu'on ne peut les raccorder ensemble que très difficilement. Dans quelques cas, on peut chercher vainement à établir entre les couches, des rapports d'âge; ainsi les bancs malgré l'apparente régularité des strates, ne forment pas toujours des lignes parallèles et également distantes, ils peuvent être au contraire coupés subitement çà et là, ou se terminer en coin, pour reprendre plus loin leur stratification ordinaire. Dans ce genre de terrain, on n'étudie que très difficilement les rapports de gisement, qui paraissent cependant simples quand on les connaît, puisque les règles générales existent, et qu'elles ne sont cachées que par d'innombrables cas exceptionels, tel que

celui où des bouleversements violents ont effacé presque toutes les indications d'une superposition régulière de dépôts.

Dans d'autres contrées, le géologue se trouve dans des plaines, où il lui manque de points de reconnaissance pour ses observations; des dépôts modernes y recouvrent des terrains plus anciens, ou bien les alluvions, la terre végétale et la végétation lui cachent le sol infiniment peu accidenté ou déchiré.

Enfin chacun doit se défier de ce désir assez pardonnable, de trouver des faits qui ne sont cités que comme des apparences rares ou ambigues, tandis qu'on doit se tenir soigneusement en garde contre l'amour propre mis en jeu dans la recherche de preuves, à l'appui de certaines hypothèses conçues dans le cabinet. Trop souvent des personnes même instruites, sont venues échouer contre cet écueil, et n'ont pu présenter les apparences naturelles, que vues sous le prisme trompeur d'une théorie particulière.

Il y a des contrées et surtout des chaînes de montagnes dont l'étude ne peut être faite que par des géologues habitants les lieux mêmes, car pour faire ses coupes, un voyageur ne choisit pas toujours les routes les plus favorables à une reconnaissance satisfaisante du pays. Au contraire, le plus souvent les rapports géognostiques les plus remarquables lui restent cachés, parce qu'il s'est tenu trop sur les grandes voies de communication, et qu'il a négligé tel vallon latéral d'une grande vallée, tel ravin, telle gorge, telle falaise, etc. Cependant bien des fois le nœud gordien des problèmes géologiques, ne se trouve coupé que par la vue de lieux du genre de ces derniers.

Le géologue stationnaire peut parcourir à son aise une chaîne dans toutes ses directions, et visiter l'une après l'autre toutes ses vallées; s'il lui reste des doutes

sur certains points, il peut les revoir. Chaque montagne, chaque colline, chaque roche prend pour lui un intérêt particulier, ce sont des amis qu'il retrouve toujours avec un nouveau plaisir, mais aussi quelles lumières viennent s'offrir à l'esprit d'un tel observateur, lorsqu'il a consacré plusieurs années à rassembler péniblement une masse immense de remarques locales. Si alors il a eu devant soi une vie de voyages géologiques ou s'il sait faire à propos quelques visites aux contrées classiques en géologie, il est sûr de livrer au public non-seulement un bon ouvrage descriptif, mais encore de faire avancer telle ou telle partie ou question de la science.

Avant de terminer, je dois dire un mot de la différence résultant, chez les individus, de leur position sociale, de leur nature physique et de leurs facultés intellectuelles. L'état de fortune, de santé et de la vue, la force physique en général, la vigueur plus ou moins grande de l'esprit, son aptitude variable pour la généralisation et la différence d'éducation, établissent entre les observateurs des catégories bien tranchées. Chacune peut avoir sa part dans l'étude géologique, mais toutes ne sont pas isolément suffisantes pour constituer un géologue accompli.

Le manque de moyens pécuniaires ou de santé, force l'observateur à être stationnaire et lui permet difficilement d'arriver à des généralisations, son esprit dut-il même s'y prêter. Quelques géologues peuvent se complaire dans l'étude pénible des détails de cas particuliers, tandis que d'autres ne voudront ou ne pourront faire que de la géologie comparée ou en grand. Les goûts pour certaines branches d'histoire naturelle ou les sciences physiques, peuvent donner aux recherches des géologues, une teinte particulière. Les uns aimant la zoologie, feront entrer cette étude pour beaucoup dans leurs ob-

servations, et se sous-diviseront en autant de groupes qu'il y à de grandes classes zoologiques; s'ils sont stationnaires ou de faible santé, ils pourront être encore fort utiles à la science en se contentant de décrire le gisement et les espèces des divers genres de fossiles. D'autres s'appliqueront surtout à la minéralogie, et feront faire des pas à la géologie, en examinant soigneusement les associations des minéraux et leur rapports avec les masse qui les renferment. C'est aux grands maîtres de la science qu'est réservé la tâche de profiter de toutes ces observations faites dans des vues soit particulières, soit trop spéculatives, et d'en construire sur un plan véritablement géologique, un édifice rationel en soignant aussi bien ses bases qu'en évitant de le charger de détails inutiles.

PREMIÈRE PARTIE.

PRÉPARATIFS ET INSTRUCTIONS PRÉLIMINAIRES POUR LES VOYAGES GÉOLOGIQUES.

CHAPITRE PREMIER.

Préparatifs scientifiques.

Avant de commencer un voyage géologique, *il faut tâcher d'apprendre à connaître la configuration et la constitution minérale du pays qu'on veut parcourir.* A cet effet, la première chose à faire est de consulter, ou si c'est possible, d'acheter les meilleures *cartes* et *descriptions physiques* et *géographiques.* Malheureusement peu de contrées ont été relevées topographiquement avec assez d'exatitude, pour qu'on puisse assurer que les *cartes* représentent bien le relief du pays, la position et la direction des vallées et des chaînes, l'obliquité et la longueur diverses des différentes pentes de montagnes, ainsi que la hauteur comparative des aspérités de la surface.

Jusqu'ici la détermination de la place exacte de chaque lieu, a surtout occupé les ingénieurs géographes; aussi sur ce point de vue, on a acquis des notions précieuses non seulement pour l'Europe et une partie de l'Amérique et de l'Inde, mais encore pour une grande partie de la configuration du littoral du globe entier. C'était ce qui intéressait le plus vivement le commerce, soit intérieur

soit extérieur. Cette masse de connaissances géographiques ont profité aussi à la géologie, car rien de plus important pour l'étude des changements arrivés au globe terrestre que le tracé exact des iles et des rivages, rien de plus nécessaire que la position exacte des accidents de relief sur les continents. Mais sous ce dernier rapport, la géographie laisse encore infiniment à désirer, quoique la tactique militaire, et surtout celle dans la guerre de montagne, ait beaucoup à gagner d'une connaissance approfondie de la configuration du sol ou de la géologie (1).

La plupart des états de l'Europe font bien exécuter des relevés géodésiques, soit pour le service militaire, soit pour le cadastre, mais ces travaux sont de longue haleine, et on trouve encore bien des lacunes en ce genre même dans les meilleures cartes des pays européens les plus civilisés; à plus forte raison, lorsqu'on vient à examiner les cartes des Péninsules de l'Europe méridionale, ou celles de certaines parties de l'Amérique, de l'Asie, de l'Afrique ou de l'Australie. On reconnaît le plus souvent leur insuffisance pour le géologue; il est même honteux de dire que certains pays hors d'Europe ont été plus minutieusement relevés et figurés que le sol foulé par nos frères des bords de la méditerranée.

Ce qu'il y a jusqu'ici de mieux en ce genre, ce sont d'abord les cartes marines des bureaux de la marine de France, d'Angleterre et de Russie, les cartes cadastrales ou topographiques, exécutées par le corps des ingénieurs géographes, au service des gouvernements d'Angleterre, de France, du Piémont, d'Autriche, de Prusse, de Ba-

---

(1) Voyez à cet égard un Mémoire intéressant de J.-S. de Grouner qui, en particulier, a été à même de suivre, en Suisse, les opérations stratagéniques du général Lecourbe. (*Neue Jahrbuch. der Berg u. Huttenk.* de Moll, vol. VI, p. 187 à 233)

vière, de Saxe, de Danemarck, de Russie, de l'Indostan anglais, etc.; puis quelques cartes de Suède, de certaines parties d'Allemagne (1), d'Italie et d'Amérique. Quant aux autres cartes dont le commerce de la librairie est inondé, ce ne sont que des cartes de poste, ou des dessins faits à plaisir pour tromper l'ignorant, ou du moins de grossiers à peu près, qui ne peuvent qu'induire en erreur le géologue, et qui surtout ne devraient pas quelquefois procurer à leurs auteurs une réputation non méritée (2).

Autrefois on devait se trouver bien heureux de pouvoir prendre d'un coup d'œil une idée approximative de la configuration d'un pays, on n'avait pas le droit d'y regarder de trop près; mais à présent le géographe doit être un véritable savant, sachant non-seulement la géodésie et la géologie, mais encore l'histoire, l'ethnographie et les langues les plus répandues. Sans toutes ces qualités, ses cartes ne seront toujours qu'un misérable fatras de compilation, dont la beauté de la gravure ne pourra jamais cacher les erreurs aux yeux des juges compétents.

Comme l'a bien exposé feu J. Samuel de Grouner, la géologie est pour le géographe et le constructeur de cartes, ce que l'anatomie est pour le peintre et le sculpteur. La statue est l'image la plus fidèle de la nature; le peintre sacrifie quelquefois l'exactitude anatomique à

---

(1) Par exemple la carte de la Saxe, par Lehmann; celle de la Souabe, par Bohnenberger; celle de la Hesse, par Eckhardt, etc.

(2) Arrowsmith, Brué et bien d'autres géographes, se trouvent dans ce cas; mais il y a encore loin de là à certaines fabriques de cartes, telles que ce déluge de mauvaises cartes, qui ne cesse de sortir des ateliers de Weimar, etc.

l'effet, et le graveur en taille douce commet encore plus fréquemment cette faute.

Or, pour les cartes, les connaissances géologiques rectifient de même la représentation des formes extérieures, car ces dernières sont le produit des masses de rochers, de débris ou de terres; on pourrait même, à la rigueur, comparer la végétation terrestre aux poils des mammifères. Si les formes angulaires de la charpente osseuse des animaux sont arrondies par les muscles et la peau, dans la nature inanimée des amas de débris, des couches adossées et la terre végétale diminuent les aspérités des contours en servant en même temps à l'exécution de certaines lois naturelles, à l'instar des os, des muscles et de la peau.

Les caractères extérieurs de la surface terrestre se modifient d'après la nature de ses masses, leur stratification, leur composition, leur fendillement, leur décomposition, etc.; de manière que la vue éloignée des grandes masses suffit au géologue pour lui en donner une idée générale. Ainsi, il ne confondra jamais des montagnes basaltiques ou porphyriques avec une chaîne de granite, de calcaire ou de grès, tandis que le vulgaire n'y verra que des hauteurs, des vallées et des rochers.

La direction, la forme, la position, l'élargissement et le rétrécissement des vallées, leurs détails les plus minutieux, leur accès plus ou moins facile, le lit de leurs eaux, leurs défilés, leurs bassins ou marécages, etc., tout cela est un résultat de la diversité des rapports géologiques, qui frappe à chaque instant l'œil du connaisseur.

A cet égard les reliefs bien exécutés sont des ouvrages qui ont avancé prodigieusement le tracé naturel des cartes (1).

---

(1) Voy. *Neue Jahrbüch. der Berg u. Huttenk.* de Moll, vol. VI, p. 129.

Après avoir exposé l'état des relevés de détails, on ne doit pas être étonné qu'il n'y ait presque pas de bonnes *cartes physiques générales*, car de semblables ouvrages présupposent de longs travaux préliminaires.

C'est surtout dans ces cartes générales qu'on remarque ces idées routinières des géographes, de croire que chaque rivière est encaissée entre des montagnes et de ne pas savoir ni qu'un plateau, ni que des chaînes profondément crevassées peuvent donner issue à des cours d'eau, sans que pour cela il y ait, à proprement parler, interruption dans la masse des montagnes. C'est encore dans ces dessins qu'on omet fréquemment des chaînes ou qu'on en place à tort au milieu d'un pays plat.

Le plus souvent aucune distinction de hâchures ne différencie l'élévation comparative des aspérités ou des plateaux, ou même il y a des cartes où tout-à-fait contre nature les hâchures fortes sont réservées, sans exception, pour un revers de montagne et les hachures faibles pour l'autre.

Enfin le dessin et la gravure des cartes varient beaucoup pour le mode sous lequel on y a établi la perspective. Certaines méthodes donnent aux cartes un aspect agréable, mais ne procurent pas une peinture fidèle du relief d'une contrée. D'autres s'approchent beaucoup plus de la vérité. Quoique dans les bonnes cartes on n'indique plus les montagnes comme cela se pratiquait, il y a cinquante ans, on n'est pas arrivé à la perfection en ce genre. Si des erreurs semblables à celles que je viens de signaler, fourmillent dans les cartes générales de pays européens, quelles ne doivent pas être celles qui défigurent les cartes des contrées lointaines moins examinées.

Pour l'*Europe* on a quelques cartes orographiques et physiques assez bonnes, parmi lesquelles se distinguent

celle de Berghaus, de Bruguière (1) et surtout celle publiée récemment à Copenhague par M. Olsen (2). A l'imitation de la carte de la France de Dupain-Triel (3), ce dernier a essayé de diviser l'Europe par étages, s'il a pu réussir sur une petite échelle, ce travail lui serait devenu impossible sur une grande carte, par le manque de côtes suffisantes de hauteurs (4).

M. Berghaus a publié en 1824, à Berlin, une carte physique et orographique de la *France* qu'on ne peut regarder encore que comme une ébauche. Quant à celle exécutée par Brué (1820, chez Goujon, à Paris) le tracé des rugosités du sol est évidemment fautif pour les plateaux et il y manque l'indication des hauteurs mesurées, des régions physiques naturelles et de la composition générale du sol.

La basse Auvergne a été assez bien rendue dans les cartes générale et particulière de feu Desmarest (en 1823), le relief du Dauphiné dans la carte du général Bourcet, celui de la Savoie dans celle de Raimond, etc.

Quant à la *Suisse*, depuis la grande carte si fautive de Weiss, il n'a paru que quatre cartes indiquant passablement la configuration si accidentée de ce pays, sa-

(1) Voyez *Mémoires de la Société de géographie de Paris*, vol. III.

(2) Voyez *Commentaire de l'esquisse orographique de l'Europe*, 1833, avec trois cartes, dont une coloriée géologiquement.

(3) Voyez *La France considérée dans les différentes hauteurs de ses plaines*, Paris, 1791, une feuille.

(4) Les auteurs qui paraissent avoir réuni le plus de côtes de hauteur, sont MM. Miltenberg (*Die Hohen der Erde*, Francf. s. m. 1815 4°), Bruguière, Olsen, Berghaus (*Hertha et Annal. de Erd u. Volkerk.*), etc.

voir : celle du pays de Neuchatel, par Osterwald; celle l'évêché de Basle, par M. Buchwalder (1820); celle de la partie occidentale du pays de Vaud (Londres, 1831); celle de l'Oberland bernois (Berne, 1824), ainsi que des cartes fort imparfaites pour les Grisons.

Il existe des cartes orographiques et hydrographiques de l'*Allemagne* dont l'une est l'ouvrage de M. Berghaus. A défaut des cartes physiques proprement dites, on peut prendre une idée fort exacte de la configuration du nord de cet pays dans la grande carte de MM. Reymann et Berghaus, tandis que l'archiduché d'Autriche et le Tyrol ont été très bien représentés dans les cartes générales et particulières du bureau topographique militaire de Vienne. Une carte physique de la Styrie a été lithographiée dans la même administration en 1831. Enfin M. Weiss a fait un ouvrage semblable, mais fort médiocre, pour la plaine de la Bavière supérieure.

M. Orlandini vient d'achever un atlas géographique, physique et historique de la *Toscane*. (Florence 1830 à 1833, 20 f.)

Le relief de la *Morée* et de l'*Archipel grec* a été admirablement rendu dans la carte topographique en huit feuilles et la petite carte générale de la Morée, grâce au talent du corps des ingénieurs géographes de France, et en particulier de M. Boblaye.

M. Bory de Saint-Vincent a publié une carte physique de l'*Espagne*, qui paraît être encore la meilleure représentation du sol accidenté de cette péninsule (1).

Pour les autres parties de l'Europe, il faut se contenter de grossiers à peu près ou de tracés de montagnes

---

(1) Voyez son *Guide des voyageurs en Espagne*, Paris, 1823, et son *Résumé géographique*, etc., 1829.

plus ou moins mauvais. Dans cette catégorie viennent se placer la carte de l'ancien royaume d'Italie (en 1811); celle du royaume de Naples, par Bacler d'Albe; celle de la Gallicie, par Liesganig, rectifiée par le bureau topographique de Vienne, en 1824, etc., etc.

Hors d'Europe nous trouvons encore à citer la carte d'*Afrique*, dressée en 1820 par M. Berghaus d'après la géographie de M. Ritter; celle de l'*Asie*, par MM. d'O'Etzel et Grimm, publiée de 1832 à 1834, d'après le même géographe, et les trois cartes des *Canaries*, par M. de Buch, qui se trouve en désaccord avec M. Berthelot. (*Voyez* sa carte, Paris 1835), pour le tracé de l'île de Teneriffe.

Pour l'*Amérique*, je me borne à citer les cartes de quelques parties du Brésil, par M. d'Eschwege; celles de la Colombie, du Pérou et du Mexique, de M. de Humboldt, quoique trop peu détaillées et exécutées d'après des données insuffisantes; enfin certaines cartes anglaises ou anglo-américaines.

Depuis environ un demi siècle, les géologues sont dans l'usage d'indiquer leurs observations sur des cartes par des couleurs et des signes; ce sont donc surtout ces espèces de *relevés*, qui peuvent servir de guide au géologue-voyageur. Le nombre de ces cartes s'augmente tous les jours, et on en compte déjà plus de 500, si du moins on fait entrer en ligne de compte les petites cartes de localités circonscrites. A la fin de ce Guide on trouvera la liste des principales ou des meilleures cartes géologiques. (*Voyez* Appendice. A.)

Malheureusement la publication de ces ouvrages est très couteuse, soit sous le rapport de l'exécution de la gravure ou lithographie des cartes, soit sous celui du coloriage. Ces deux arts laissent encore beaucoup à désirer à ceux qui veulent la science à bon marché, et il

n'est guère douteux, que, comme pour les indiennes imprimées, on arrivera tôt ou tard à pouvoir livrer au public des cartes géologiques, à un prix adapté aux fortunes les plus médiocres.

Cette cherté du mode d'exécution a eu pour effet de produire le plus souvent des travaux imparfaits ou mauvais; on ne peut guère citer en fait de grandes cartes géologiques dont l'exécution du dessin soit en rapport avec le coloriage, que celle de l'Angleterre, par M. Greenough, celle du nord de l'Allemagne, par M. Hoffmann, et celles de France et de l'Autriche non encore achevées. Toutes les autres cartes assez parfaites, ne représentent que de petites étendues de pays; telles sont par exemple, celle du Harz par MM. Julius et Berghaus (1822). En général toutes les autres sont d'une gravure fort médiocre, ou des cartes bien coloriées sans tracé de montagnes, ou enfin de vieilles cartes géographiques couvertes de teintes géologiques, comme celles de M. Keferstein, etc.

Néanmoins, faute d'autres secours, ces derniers ouvrages ne sont pas à dédaigner, et il y en a même du second et troisième ordre, qui sont d'une utilité incontestable. Dans ce cas se trouvent la carte des bords du Rhin sans montagnes, par MM. d'OEynhausen et Dechen (Stuttgard, 1825, 2 f.); celles de l'Odenwald et la Wettéravie, par M. Klipstein; (1829 à 1830, 2 f.); et surtout celle de l'empire d'Allemagne et des pays adjacents, par Simon Schropp et Cie.

Enfin il est bon d'ajouter que les cartes géographiques de certaines contrées sont tellement fautives, comme pour quelques parties de la Suisse, pour l'Illyrie, la Transylvanie, etc., qu'il est presqu'impossible de les colorier géologiquement; dans ces cas, on doit s'estimer heureux de posséder au moins des cartes coloriées sans montagnes.

Après avoir étudié les cartes, le voyageur doit avant de se mettre en route, lire les *descriptions physiques* et *géologiques* des pays vers lesquels il se dirige. Il y a des personnes qui classent ces lectures préparatoires parmi les choses inutiles ou du moins qui prétendent que l'esprit de l'observateur peut se laisser prévenir ou fausser par certaines descriptions, et surtout par des idées théoriques bien présentées. Mais ces inconvéniens ne sont pas à mettre en parallèle avec l'avantage immense de savoir en gros où l'on va et ce que l'on y verra probablement. Arriver sans aucune préparation, c'est consumer un temps d'autant plus précieux qu'en général les voyageurs n'ont qu'un certain nombre de semaines, de mois ou d'années à consacrer à leurs recherches. D'ailleurs, on est conduit ainsi à refaire souvent péniblement des observations que d'autres ont consignées depuis longtemps dans les Archives de la science, tandis qu'on aurait pu employer ses momens utilement à rectifier les idées de ses prédécesseurs, ou à complèter leurs relevés.

Pour les *descriptions physiques* et *géographiques*, il n'y en a encore qu'un petit nombre qu'on puisse recommander; dans bien des cas, les auteurs de ces ouvrages sont partis d'idées trop systématiques ou trop peu géologiques. Pour faire le tableau véridique de la configuration d'un pays, il faut de toute nécessité, être géologue sous peine de ne faire que de la mauvaise besogne, ou de se perdre dans des détails fastidieux.

Un autre défaut des livres de ce genre, c'est la tendance des auteurs, en général non géologues, a y mêler trop de statistique, ou plutôt de ne pas savoir faire la part à chaque branche de la description physico-géographique d'un pays. On ne saurait trop prémunir le géologue contre toutes ces statistiques minéralogiques de pays ou de provinces, qui se trouvent intercallées dans

des ouvrages de géographie ou de statistique, comme dans des anuaires ou des publications périodiques. En général, ce sont des ouvrages faits par des gens qui ne sont pas du métier, et tout en semblant faire honneur à leur savoir multiple, ces derniers exposés fourmillent de fausses données et même d'absurdités.

Les ouvrages de géographie véritablement recommandables sont ceux qui sont faits avec la science profonde d'un Ritter(1), ou du moins avec les connaissances positives de M. Huot, continuateur de Malte Brun, d'un Lichtenstern, d'un Sommer, d'un Bory saint-Vincent, etc.

Quant aux *statistiques*, on peut citer comme modèles, celle des Bouches-du-Rhône, par feu de Villeneuve, celle du Lot par M. Delpon, etc.

Il y a encore un autre genre d'ouvrages qui peut être utile aux géologues-voyageurs, savoir ceux intitulés *Guides des voyageurs*. Ces écrits, comme les précédents, mettent au fait des mœurs et des usages de chaque pays, des distances et des villes principales, des grands établissements, des moyens de communication, etc. Nous possédons actuellement pour l'Europe, comme aussi pour chacun de ses états, des guides très suffisants pour le commerçant ou l'homme qui recherche le délassement sans aucun penchant pour quelque science. Il y en a même d'autres qui contiennent une bonne quantité de données géologiques, comme par exemple le guide du voyageur en Suisse par Ebel, en 4 vol. in-8°, celui pour l'Écosse par MM. Anderson (Edimbourg 1833), et d'autres publications que je citerai plus loin en parlant de chaque pays en particulier.

Naturellement, le géologue ne se trouvera pas satisfait

(1) Voyez son *Erdkunde*, etc., Berlin, v. 1—4, 1822 à 1833. *Descrip. de l'Afrique et de l'Asie*, ou la trad. franc. Paris, 1835.

par la lecture de semblables ouvrages, et il cherchera à glaner davantage dans les véritables descriptions géologiques. Or, parmi ces dernières, les anciens ouvrages ont perdu beaucoup de leur importance depuis la révolution éprouvée par la chimie, la physique et la minéralogie. En lisant les livres publiés il y a cinquante ou même seulement quarante ans, il faut s'identifier avant tout avec le langage et les idées de l'époque, sous peine de n'y rien comprendre ou de croire trouver des absurdités; tandis que bien des pensées utiles et reproduites plus tard restent enfouies dans cette masse d'observations présentées d'une manière si insolite.

D'un autre côté, la géologie a fait de tels progrès depuis le commencement de ce siècle qu'il n'y a vraiment plus que les ouvrages publiés à partir de cette époque qu'on puisse appeler classiques; tout ce qui est antérieur n'est plus au courant des vues actuelles, ou du moins les bons ouvrages de ce temps là ne le sont que pour certaines parties ou certaines idées qu'ils renferment. Ainsi la topographie géognostique, la description minéralogique des roches et des carrières, ainsi que la statistique des mines et des usines occupent souvent une bonne portion des publications anciennes, sans qu'on y trouve indiqués les rapports de gisement les plus importants; ou bien ces données sont souvent fausses. De plus, les opinions exprimées dans ces différents ouvrages se contredisent diamétralement sur des points fondamentaux de la science, ce qui indique clairement son enfance.

Ensuite on y rencontre à tout instant des observations si fort en contradiction avec les idées bien établies aujourd'hui, qu'on est fondé à soupçonner des erreurs dans la détermination des roches ou de la succession des dépôts. Enfin les anciennes descriptions ne laissent souvent dans l'esprit que des apercus extrêmement confus, un véri-

table chaos de faits bien ou mal établis. Néanmoins, je le répète, ces ouvrages une fois compris contiennent en même temps des indications quelquefois précieuses, qui peuvent servir de point de départ pour des recherches scientifiques ultérieures, ou du moins fermer la bouche à ceux qui sont trop enclins à s'attribuer sans examen des découvertes déjà faites depuis nombre d'années.

Les meilleurs *catalogues des écrits géologiques et minéralogiques* sont, pour les ouvrages publiés avant le commencement de notre siècle, les suivants :

1° Le *Prodromus bibliothecæ metallicæ*, etc. de Jacq. Leupold, Leipzig, 1726, in-8°, 2e édit. aug. par T. E. Bruckmann. Wolfenbuttel, 1732, in-8°.

2° *Bibliotheca regni animalis atque lapidei* etc. par L. Théod. Gronovius, Leyde, 1780, in-4°.

3° La Bibliothèque oryctologique, par ordre alphabétique (*Oryktologische Bibliothek*, etc.), par C. Fred. Schall, Weimar, 1787, in-8°.

4° La *Bibliotheca scriptorum historiæ naturalis* de Geo. Rod. Boehmer. Leipzig, 1785 à 1789, 9 vol. in-8°, dont le 7e volume est consacré exclusivement à la minéralogie et la paléontologie.

5° Le catalogue de la bibliothèque de sir Jos. Banks, par Dryander. Londres, 1790 à 1800, 5 vol. in-8°, dont le 4e surtout concerne la géologie et la paléontologie.

6° Le répertoire général de la bibliographie minéralogique (*Allg. Repertor. der Mineral., Bergw. et Salzwerkswiss. Literatur*, etc.), par Christ. W. Gatterer, 1798 à 1799, 2 vol in-8°.

Pour les ouvrages plus récents, on trouve presque tous les renseignements désirables dans les cinq catalogues suivants :

1° La propœdeutique de la minéralogie (*Propœdeutik der Mineralogie*), par MM. Leonhard, Kopp et Gartner

(Francfort sur Mein, 1817), 2 vol. in-fol. dont le second forme la partie bibliographique et récapitule aussi les meilleurs ouvrages publiés avant 1800.

2° La revue de la bibliographie pour la minéralogie, l'art des mines et des usines depuis 1800 à 1815 (*Ubersicht der Literatur von der Mineralogie*, etc., Freiberg, 1816, in-8°), par M. J. Ch. Freiesleben, ouvrage extrait du *Neu. bergmannisch journal*, et republié en 1822, en y faisant entrer les écrits parus jusqu'en 1820.

3° Deux catalogues d'ouvrages qui ont rapport à l'art des mines et insérés par le docteur C. J. Karsten, dans ses archives pour les mines et usines (*Archiv fur Bergbau* etc., Berlin, in-8°) vol. 5, cah. 2, depuis la p. 355 à la p. 439, et vol. 10, cah. 2, depuis la p. 418 à la p. 439. Le premier contient les écrits parus depuis 1816 à 1820, et le second ceux publiés de 1821 à 1825.

4° Un catalogue d'ouvrages géologiques récents, dans la gazette géologique du *Teutschland* de M. Keferstein, vol. 4. gaz. géol., n. 1, depuis la p. 1 à la p. 72, 1826.

Quant aux *catalogues méthodiques des mémoires contenus dans les recueils académiques ou les journaux périodiques*, il y a encore à cet égard une lacune dans la science, ce qui est d'autant plus fâcheux que la plus grande masse de documents précieux a été publiée et se publie journellement sous cette forme. Comme des tables de matières par ordre méthodique ou alphabétique n'ont pas été construites pour tous ces ouvrages, il en résulte que bien des faits s'oublient ou sont reproduits comme nouveaux par erreur involontaire ou par des charlatans scientifiques; en un mot, on ne sait comment retrouver les données dont on a besoin dans le cours d'une recherche.

Pour les recueils des académies, nous ne possédons encore que le *Repertorium commentationum à societa-*

tibus litterariis editarum secundum disciplinarum ordinem, par J. D. Reuss. Cet ouvrage, composé de 16 volumes in-4°, a été publié de 1801 à 1821; la partie minéralogique forme la 2e partie du second volume depuis la p. 289 à la p. 604, et elle a paru en 1802. L'ancienne bibliothèque d'histoire naturelle de Boehmer est le seul ouvrage où l'on trouve l'indication de quelques mémoires géologiques insérés dans des recueils périodiques. De plus, cet auteur, ainsi que Gatterer, ont eu soin d'ajouter les revues principales faites des ouvrages soit en Allemagne, soit à Paris. Jusqu'à ce que j'aie achevé ma bibliographie géologique, minéralogique et paléontologique, ou que quelqu'un m'ait devancé dans cette utile tâche, il faudra rechercher péniblement l'indication des faits épars dans les mémoires, dans les tables de matières des journaux et des recueils académiques.

Les principales tables de matières à consulter en ce genre sont, pour les *ouvrages français*, les tables de matières des mémoires de l'académie des sciences de Paris (1776, 4 vol. in-4°, etc.); celles des mémoires du muséum d'histoire naturelle; les deux tables des matières de l'ancien journal de physique qui vont jusqu'à 1802, et qui ont été publiées en 1777, 1786 et 1802; les trois tables analytiques des Annales de chimie, publiées en 1801, 1807 et 1822; les trois tables semblables pour le journal et les Annales des mines, publiés en 1813, 1821 et 1833; celle de la revue encyclopédique publiée en 1828; celles de la bibliothèque britannique, puis universelle de Genève, etc.

Pour l'*Angleterre*, le bibliophile trouve encore moins de facilités pour ses recherches, parce qu'en général, on n'y a guère pris soin de faire des tables générales pour de grandes séries de journaux périodiques, et on s'est contenté des tables annuelles. Une masse de docu-

ments se trouve ensevelie dans les journaux philosophiques de Nicholson et de Tiloch, dans les annales de philosophie de Thompson et de ses successeurs, dans les journaux de MM. Jameson et Brewster, de l'institut royal de Londres, etc. Pour les transactions philosophiques de Londres, on a plusieurs tables, par exemple celle par Brémond, qui va jusqu'en 1739, celle de Maty, publiée en 1787, et les extraits de ces mémoires publiés par Hutton, Shaw et Pearson, en 1802, et continués par Lubbock et Children, en 1832.

En *Allemagne*, on a construit des tables de matières par ordre méthodique et alphabétique pour beaucoup de recueils. Ainsi on a des index généraux pour les mémoires de l'académie des curieux de la nature (Nuremberg, 1695, 1713 et 1739); pour les mémoires de l'académie de Gœttingue (publiés en 1765 et 1775, et par Reuss en 1808); pour une partie des mémoires de l'académie de Berlin; pour ceux de la société des amis de l'histoire naturelle de Berlin, publiés en 1794; pour une partie de l'ancien journal des mines de Freiberg; pour la première série des archives des mines du Karsten (publiés en 1826); pour la première série du journal de minéralogie de M. de Léonhard (publiés en 1811); pour le journal de chimie de Crell (1778 à 1803); pour le journal de chimie et de physique de Gehlen (1803 à 1809), puis des MM. Schweigger; pour le journal de physique de Gren (de 1790 à 1797, publiés par C. J. B. Karsten en 1800); pour les annales de physique de Gilbert (publiés en 1824) et pour leur continuation par Poggendorf jusqu'en 1830; enfin, les tables des archives pour l'histoire naturelle et la météorologie par Kastner, publication datant de 1824. L'Allemagne attend encore des tables complètes pour les journaux minéralogiques de Voigt, de MM. Moll, Léon-

hard, Karsten, Noggerath et Keferstein, pour la Hertha et les annales de géographie de Berghaus, etc., etc.

En *Italie*, on doit consulter surtout les mémoires de l'académie de Turin, les tables du *Giornale d'Italia* par Arduini et Griselini (Venise, 1764 à 1776), celles de la bibliothèque physique d'Europe (1788 à 1791), celles des annales de Chimie et d'histoire naturelle (1790 à 1801), et du journal de physique, de chimie et d'histoire naturelle, publié à Pavie par Brugnatelli et divers savants (de 1808 à 1827), celles de la bibliothèque italienne de Milan, celles de l'antologie de Florence et celles des journaux de Padoue, de Trévise et de Pise, etc.

L'académie royale des sciences de *Suède* a eu toujours le soin de faire paraître des tables de matières de ses actes, savoir en 1755, 1770, 1780 et 1798; il en a aussi paru en allemand à Leipsig, en 1783 et 1794.

Dernièrement, M. Pilla a tâché de résumer dans une brochure sur les progrès de la géologie en Italie, les principaux ouvrages et les mémoires parus à ce sujet dans cette péninsule (Naples 1833 in-8°).

Pour la *Russie*, on n'a guère à consulter que les tables annuelles des mémoires de l'académie de Saint-Pétersbourg, de la société des naturalistes de Moscou, du journal des mines et d'un petit nombre de journaux de la capitale, comme le journal de chimie de Scherer (de 1817 à 1823), et les archives du nord de Pallas (de 1781 à 1796).

Pour l'*Amérique*, M. Silliman a promis une table de matières pour son journal des sciences, commencé en 1818, et contenant la plupart des faits géologiques découverts aux États-Unis ainsi que des extraits des relevés publiés dans ce pays.

Avant de partir pour un voyage, le géologue aura donc consulté, autant que possible, toutes les *publica-*

tions géographiques ou géologiques qui peuvent lui être utiles (1). Il va sans dire que s'il se trouve dans un endroit de *collections géologiques*, il aura aussi examiné les séries de roches ou de minéraux provenant des contrées qu'il veut visiter. Chacun comprend l'avantage qu'il y a de se familiariser ainsi avec les objets même qu'on doit voir (2).

Il sera bon encore que le voyageur prenne des notes et qu'il fasse même des *extraits* des ouvrages lus pour pouvoir les emporter avec lui, mais il doit se garder de les faire trop longs, car, en voyage, on n'a que le loisir de parcourir de courtes annotations, et de semblables indications peuvent être aussi utiles que de longues descriptions sont aptes quelquefois à fasciner d'avance les yeux de l'observateur.

Le meilleur système pour prendre des notes est de les faire sur des cartes ou des quarts de feuilles, de manière à pouvoir les placer facilement dans toute espèce de coffre ou de boîte, et les arranger toujours suivant les idées du moment.

Une chose très utile est d'emporter le calque des cartes géologiques qu'on ne peut pas acheter ou détacher des ouvrages ou qui sont trop chers pour être exposées aux accidents inséparables d'un voyage. D'ailleurs, on sait que l'exposition réitérée au soleil modifie beaucoup les teintes d'une carte et la détériore notablement.

Si le voyageur emporte des *livres*, il aura soin de les faire relier, afin qu'ils tiennent moins de place, et de

---

(1) Voyez Appendix B, le Catalogue des principaux ouvrages de géologie et surtout de géographie géologique.

(2) Voyez dans l'Appendice C le Catalogue des principales collections.

telle manière que la couverture ne présente pas de surfaces trop glissantes, pour obvier à la facilité avec laquelle de pareils objets sont sujets à se perdre en voiture, à cheval ou dans la poche. Si les livres ne sont pas trop grands, il peut même convenir de les placer dans des étuis, comme les cartes, afin qu'ils soient moins exposés à se salir ou se mouiller, deux inconvénients trop fréquents dans les courses géologiques.

Lorsqu'on prend avec soi des *cartes*, il faut bien se garder de les laisser en feuilles roulées, car rien n'est plus susceptible de se perdre, les moindres cahotements ou mouvements sont capables d'enlever au voyageur son guide le plus précieux, d'autant plus que si les mauvaises cartes s'achètent partout, les bonnes ne se trouvent que dans certaines capitales. Par ce seul fait, un observateur peut manquer son voyage. Il ne faut donc pas regarder aux frais de faire coller les cartes sur toile et de les faire couper sous un format oblong-carré, assez petit, qu'on puisse les mettre aisément dans la poche. De cette manière, et en faisant isoler chaque partie coupée de la carte, on n'a besoin d'emporter pour chaque excursion que les portions nécessaires.

Le système d'avoir des cartes sur un plus grand format est très vicieux, en ce qu'il oblige de les laisser dans les auberges ou avec ses hardes, lorsqu'on fait des excursions à pied ou à cheval; or c'est justement dans ces courses, en général hors des grandes routes, qu'une bonne carte peut devenir une véritable boussole; d'ailleurs, il est toujours plus exact d'indiquer dans les lieux mêmes, sur la carte, la place ou les limites géographiques des dépôts observés. Si, d'un autre côté, on prend avec soi sa carte d'un grand format, de deux choses, l'une : ou elle sera dans un havresac, donc elle ne pourra être consultée qu'avec une grande perte de

temps, et par conséquent moins souvent que si elle était dans la poche, ou bien on l'aura à la main, et dans ce cas, on court grand risque ou de la perdre, de la salir ou de la mouiller.

Une couverture en toile cirée sur l'étui de la carte peut avoir des avantages dans la prévision des grandes pluies, qui mouillent quelquefois le visiteur des hautes montagnes.

CHAPITRE II.

Instruments nécessaires au géologue-voyageur.

Les instruments du géologue doivent nécessairement varier suivant le but et la longueur des excursions ou voyages, et d'après le pays à visiter. Dans tous les cas, ils doivent se réduire au stricte nécessaire; car j'ai fait maintes et maintes fois l'expérience que se pourvoir de trop de choses, c'était se charger sans aucune utilité réelle.

Quant aux instruments dont la perte est difficile à remplacer en voyage, il faut en prendre avec soi en double ou du moins en avoir dans ses coffres dans les voyages de long cours.

§ I. *Instruments pour casser les roches et échantillonner.*

Ces instruments se réduisent à divers *marteaux* et *un ciseau*, et quelquefois on peut y joindre une espèce de *marteau en forme de pique* et même une espèce de *tenaille-pince.*

On ne peut avoir moins de deux *marteaux;* l'un doit être du poids de 2 à 2 1/2 livres jusqu'à 8 livres pour casser des roches, et l'autre du poids de 16 à 20 onces pour achever d'arranger les échantillons.

Le poids du *marteau briseur* se règle sur le pays qu'on va parcourir; dans le sol stratifié tertiaire et même secondaire, des marteaux de 2 à 3 livres sont suffisans, tandis que dans le sol primaire il en faut de 3 à 5 livres. quoique M. Macculloch fixe le maximum du poids d'un marteau à 4 liv. Pour les roches non stratifiées et surtout pour les siénites hypersthéniques, les trapps et d'autres roches de semblable ténacité, ce n'est qu'avec de plus gros marteaux qu'on en devient véritablement maître. Or la surface des roches étant presque toujours décomposée, il est important de pouvoir les entamer jusqu'au point où elles sont encore dans leur état originaire.

Dans ce dernier cas le charriage de tels marteaux ressemble tout à fait au port d'un fusil et devient embarassant. Heureux ceux qui ont des guides pour leur épargner ce transport, heureux ceux qui voyagent en voiture ou à cheval ou cotoyent dans ce cas une côte en bateau. Du reste, comme le soldat, on s'accoutume petit à petit au poids de son marteau, surtout si l'on sait l'augmenter graduellement, de manière qu'à la fin il semble vous manquer quelque chose, quand on l'a posé.

On a beaucoup varié sur la forme à donner au marteau du géologue (1). Si les lois mathématiques posent

---

(1) Voyez le Mémoire de M. Macculloch dans le *Quarterly Journal of Sciences* de Londres, tom. XI, p. 1 (1821), et dans son *Système de géologie*, tom. II, p. 466 à 468; une note de M. W. B. Clarke, dans le *Magaz. of nat. hist.* de London, juillet, 1829, cah. VIII, p. 247; une autre de M. Hitchcock, dans l'*Americ. J. of Sc.*, etc.

de certaines limites aux formes que peuvent avoir de bons marteaux, il faut avouer que l'habitude est pour beaucoup dans l'emploi convenable de tout instrument.

Parmi les marteaux ordinaires ceux des maçons ou des forgerons se rapprochent le plus de ceux des Géologues, on pourrait croire à la première vue que ceux à manches très longs des cantonniers des routes leur conviendraient. Mais les uns ne cherchent qu'à briser des cailloux et les autres à obtenir de la surface de rochers des éclats à cassure fraiche.

Les marteaux les plus généralement usités sont ceux qui ont d'un côté une tête carrée ou ronde et de l'autre un coin ou un tranchant (*pl.* I. *fig.* 1 *a.* et *b.*) Les têtes rondes (*pl.* I. *fig.* 2.) m'ont paru préférables aux têtes carrées, parce que les angles des dernieres sont sujettes à se casser, tandis que dans les têtes rondes si l'acier est assez mou, les déchirures produites par certains corps se bouchent d'elles-mêmes par d'autres et si l'acier ne s'écaille pas, ces marteaux sont les plus durables.

Le tranchant du marteau doit être perpendiculaire et parallèle au manche; les tranchans horizontaux ne m'ont paru d'aucune utilité. (*pl.* I. *fig.* 3).

Pour les très gros marteaux de 6 à 8 livres la forme d'une grosse tête à deux tranchans (*pl. I. fig.* 4.) peut avoir des avantages, puisqu'il ne s'agit que de détacher de très gros fragmens.

La théorie mathématique conduisant à préférer des têtes sphéroïdes, certains géologues anglais tels que M. Macculloch, se sont fait fabriquer des têtes sphéroïdes applaties, (*pl.* I. *fig.* 5) la fabrication du sphéroïde parfait étant trop difficile.

Dernièrement M. Robison d'Edimbourg en a fait construire en rondelle avec un tranchant sur le bord supérieur, (*pl.* I, *fig.* 6), ce dernier genre de marteau est encore plus maniable que celui à tête sphéroïde, et on

est encore plus sûr de porter des coups justes de quelque manière qu'on le tienne. Cette nouvelle forme me semble au moins bonne pour les *marteaux échantillonneurs*. (*Trimming hammer des Anglais.*)

Quant à ces derniers, les plus gros doivent être du poids de seize à vingt onces et les plus petits de celui de trois drachmes à une once. Leur forme est ordinairement celle d'une tête carrée avec un tranchant horizontal (*pl.* I. *fig.* 7).

Pour ces marteaux ceux en coin à tête carrée de feu M. André peuvent être utiles (*pl.* I. *fig.* 8). On a aussi employé des marteaux comme ceux représentés *fig.* 9 *et* 10. M. Macculloch conseille des marteaux formant huit angles aigus par la réunion de trois cubes, mais ceux de M. Robison me paraissent préférables.

Une chose essentielle pour les marteaux du géologue c'est qu'ils ne soient fabriqués avec du fer aciéré, ni trop cassant ni trop mou, et que le trou pour le manche soit convenablement placé par rapport à la longueur de la tête. Si le percement du trou a lieu trop d'un côté ou d'un autre, il en résulte non seulement une perte de force, mais encore le marteau est plus sujet à se briser. Dans les gros marteaux il est essentiel de renforcer la tête dans le point où elle est traversée par le manche.

Quant au *manche*, il doit être de bois de chêne ou de frêne non gercé et emmanché aussi fortement que possible à l'aide de petits coins de bois ou de fer. Pour obvier aux pertes des derniers, il est bon en voyage d'en porter quelques uns sur soi. D'ailleurs si la sécheresse du bois fait jouer le manche dans la tête du marteau, il n'y a qu'à le tremper dans l'eau.

Il y a des personnes qui font tenir le manche à la tête du marteau au moyen de bandes de fer placées le long du manche et faisant saillie au dehors et au dessous de cette

tête (*pl.* I *fig.* 5). Je crois que ce mode d'attache est vicieux en ce qu'il tend à faire casser plus aisément le manche; ces marteaux ne peuvent convenir guère que pour des roches très tendres. Attacher le manche au marteau au moyen d'écrous est encore moins solide et n'a pu être employé que par des amateurs, qui n'avaient pas encore l'usage du métier.

Dernièrement M. Robison a proposé des manches de rotin percés près de la tête du marteau d'outre en outre par deux fentes se coupant sous un angle droit, l'élasticité du manche est le but de ce genre de marteau, qui n'est propre dans tous les cas qu'à casser des roches peu dures et qui une fois brisé serait difficilement raccomodé en voyage.

Quant à la longueur du manche des marteaux, il est essentiel qu'il ne soit pas trop court, il vaut mieux qu'il ait le défaut contraire, car de cette manière, on peut le faire remettre aisément en état lorsqu'il se casse. Naturellement le poids doit régler cette longueur.

M. Robison entoure de cuir l'extrémité du manche de ses marteaux autant pour ménager la peau des mains que pour les tenir plus solidement. Ces petites recherches de fashionables ne sont bonnes tout au plus que pour le géologue stationnaire; lorsqu'un marteau devient glissant dans la main, il n'y a qu'à le mouiller ou le frotter de terre pour faire cesser cette inconvénient.

Quelques personnes ont fait visser des marteaux sur des batons ou des parapluies et s'en sont servis de canne, mais on comprend tout leur inconvénient dans la pratique par la perte de temps que leur emploi occasionne.

Le géologue ayant à l'ordinaire deux marteaux, le plus gros se porte à la main et le petit dans la poche, cet arrangement a l'avantage qu'en faisant passer le bois de son marteau dans sa manche d'habit, on peut

traverser les villes et arriver dans les auberges sans être sujet à des questions ou des receptions désagréables.

Certains géologues ont une espèce de ceinture ou un baudrier en cuir pour porter leurs marteaux, je pense que c'est se charger inutilement, s'embarrasser dans les pas difficiles et surtout se donner un air singulier, chose si importante à éviter pour quelqu'un qui parcourt en détail un pays. D'un autre côté, si l'on est à cheval, les marteaux prennent la place naturelle des pistolets.

Le *ciseau* du géologue est un morceau de fer carré ou rond avec une tête semblable et une extrémité tranchante, sa longueur et sa force varient suivant l'usage qu'on en veut faire. Il sert à fendre des roches, et à en extraire des minéraux ou des pétrifications, on en peut avoir de différentes dimensions; mais en général c'est un instrument qu'on laisse avec ses bagages et qu'on ne prend que pour des excursions particulières, car le plus souvent on n'en a pas besoin ou bien les deux marteaux suffisent à la besogne.

Les géologues anglais toujours aptes à enjoliver les instruments, ont proposé des ciseaux avec un manche, probablement pour épargner aux maladroits de se donner des coups sur les doigts (voy. *pl.* I, *fig.* 11). Ce sont encore de ces joujoux géologiques, avec lesquels on peut aussi placer ces jolis marteaux de bois odoriférants et à manches creux pour contenir un ciseau. Il est clair que cette excavation du manche détruit la solidité du marteau.

La *tenaille-pince* (voy. *pl.* I, *fig.* 12) est une chose encore plus rarement employée, car elle ne peut être utile que pour extraire et couper de grandes plaques de roches fossiles, telles que des schistes bitumineux à poissons ou plantes fossiles, des schistes calcaires lithographiques, etc.

Quant à la *pique* ou plutôt au *marteau en forme de petite pique* (voy. *pl.* I, *fig.* 13 *a* et *b*), c'est un instrument

qui n'est guère nécessaire que dans les terrains crétacés des plaines, les dépôts tertiaires et d'alluvions.

Dans les cas d'urgence cet instrument ne supplée jamais à l'emploi des véritables piques et pioches, comme lorsqu'il s'agit d'aller déterrer des ossements dans les cavernes ou ailleurs, chercher des minéraux, des coquillages, etc. Il faut donc ne s'en munir que dans ces occasions particulières.

§ II. *Instruments pour déterminer la direction et l'inclinaison des couches.*

Le *compas* ou la boussole du mineur diffère de celle du navigateur et offre des modifications suivant les pays. En Allemagne le cercle de l'instrument est divisé en heures et non pas en degrés. Le plus fréquemment le cercle est partagé en deux moitiés par une ligne, dont les extrémités représentent le S. et le N., ou bien il y a quatre compartiments formés par deux lignes, dont les extrémités indiquent le S. et le N., l'O. et l'E. L'on compte douze heures de droite à gauche ou du N. au S. et le même nombre d'heures du S. au N. Chaque heure répondant à 15° est divisée en huit parties, dont chacune répond à 1° 52′ 5″. Les numéros 12 sont placés au N. et S.

Dans quelques compas on a trouvé plus commode de partager le cercle en 24 heures, dont chacune répond encore à 15°.

En Suède, en Angleterre et en France le compas est divisé en degrés à la manière du compas nautique et, à partir des extrémités du méridien, on compte 90° vers l'est et vers l'ouest, ce qui donne en tout 360°.

Une autre particularité de la plupart des boussoles du mineur allemand est le renversement de l'indication des points cardinaux, c'est-à-dire que l'ouest se trouve

à l'endroit où l'est est indiqué dans les compas des navigateurs, et *vice versâ*. Cette différence de construction est fondée sur ce qu'il faut tenir l'instrument comme une montre pour pouvoir observer et laisser à l'aiguille son jeu libre.

Il faut placer parallèlement à la direction de la couche la ligne dont les extrémités indiquent le nord et le sud, et l'heure ou le degré où s'arrête l'aiguille aimantée indique la différence entre la méridienne et la *direction de la masse*.

Les compas sont carrés ou ronds, dans ce dernier cas, ils ont la forme d'une montre; ils sont construits de manière à pouvoir, au moyen d'un ressort, rendre l'aiguille immobile, lorsqu'on n'emploie pas l'instrument (voy. *pl.* II, *fig.* 14).

Dans la pratique, les compas placés sur une plaque carrée et fermés par un couvert mobile (voy. *pl.* II, *fig.* 15) m'ont paru préférables, parce qu'ils permettent de prendre plus exactement l'*angle d'inclinaison des couches*. Le cadre de l'instrument peut être appliqué sur leur plan, tandis qu'avec la boussole en forme de montre, même avec celles à appendice mobile triangulaire ou arqué, on est obligé de se contenter d'à peu près. Cette détermination n'a guère lieu par un fil à plomb et un demi cercle isolés; à l'ordinaire ce fil à plomb est assujéti sous l'aiguille aimantée, de manière à jouer sur un demi cercle partagé en deux parties, divisées chacune en 90° et séparées par zéro.

M. Rengger a proposé d'enfermer la boussole dans une espèce de boîte dont le fond est en bois et le dessus en métal. Un fil à plomb est attaché sur ce dernier, de manière à jouer sur un demi-cercle divisé en deux fois 90°. Il trouve que l'inclinaison s'estime bien au moyen de l'application convenable du côté assez épais de la

boîte, opposée au point d'attache du fil à plomb contre le plan des couches (1).

Différents instruments plus compliqués ont été proposés pour arriver à toute l'exactitude désirable dans une pareille opération; mais jusqu'ici ils n'ont guère été en usage, parce qu'ils ne sont pas si aisés à transporter qu'un compas, et qu'une erreur de quelques secondes ou même d'un ou deux degrés a été regardée comme une chose de peu d'importance pour le géologue. Cependant l'exactitude mathématique a du paraître toujours nécessaire dans l'examen des directions et des inclinaisons des filons afin d'occasionner le moins de dépenses possibles dans les exploitations.

Ce n'est que dans ces derniers temps qu'on a senti l'importance d'obtenir une connaissance aussi parfaite que possible de la position véritable des couches et des chaînes; or pour cela il est indispensable, non-seulement d'employer des instruments perfectionnés, mais encore de tenir compte des déviations de l'aiguille aimantée, qui peuvent s'élever quelquefois jusqu'à 20°, dans l'Europe centrale.

En 1803, M. J. Komarzewski a publié, à Paris, un Mémoire (in-fol.) sur un *graphomètre souterrain* destiné à remplacer la boussole des mineurs.

Lord Webb-Seymour a décrit dans le troisième volume des Transactions de la Société géologique de Londres (A. S. p. 385), un *clinomètre* composé d'une plaque en cuivre à trois pieds, surmonté d'un quart de cercle et d'un niveau. On place l'instrument sur la surface inclinée des couches, mais rarement leur plan est assez uni

---

(1) Voy. *Jahrb. der Mineral, Geognosie*, etc., de M. Léonhard, 1831, p. 66, avec une fig.

pour pouvoir l'employer, et d'ailleurs on ne peut pas toujours s'approcher si près des masses dont on veut déterminer l'inclinaison des strates.

Un clinomètre plus simple a été employé plus récemment en Angleterre. C'est une alidade en métal ou en bois de 12″ de longueur sur 3/4″ de largeur, qui est partagée en deux parties réunies par une charnière en recouvrement. Un quart de cercle divisé en 90° est attaché à la portion plus étroite, qui porte à son extrémité un petit niveau, tandis qu'il y a un petit compas sur l'autre branche (*pl.* II, *fig.* 16). On applique le bord inférieur de l'instrument sur la couche dont on veut mesurer l'inclinaison, et on monte ensuite la branche supérieure jusqu'à ce que le niveau indique qu'elle est horizontale. L'ouverture de l'instrument donne l'inclinaison et le compas la direction (1).

M. Charles Naumann a proposé, en 1833, l'*instrument suivant pour déterminer exactement la direction des couches et surtout celle des masses fort inclinées.*

Une rondelle en bois portant à son bord inférieur trois pieds courts, et dans son milieu supérieur une assez forte cheville en bois. Cette dernière traverse une boîte circulaire dont le fond est en bois et le dessus en verre, de manière que la boîte peut tourner avec résistance autour de la cheville, qui déborde encore la plaque de verre. Dans l'intérieur de la boîte est une petite boule métallique mobile ou une goutte de mercure. Le bord supérieur de la boîte porte quatre divisions en six

---

(1) Voyez la description donnée par MM. Pratt et Moyle, dans les *Annales de philosophie*, n. s. tom. I, p. 43 et tom. VII, p. 122, M. Knight demeurant Forster Lane, à Londres, en vend au prix de 15 à 20 schellings.

heures et en huitième d'heures; le numérotage part des extrémités d'un même diamètre, que M. Naumann appelle la ligne de direction, de telle sorte que, dans les quatre cadrans, h. o se trouvent sur la ligne de direction, et h. 6 sur l'extrémité du diamètre perpendiculaire à cette ligne. Ce dernier diamètre est indiqué sur le fond de la boîte par une forte ligne, et est appelé la ligne d'inclinaison. Enfin la cheville porte, à son extrémité supérieure, une cheville en laiton à laquelle est attaché, au moyen d'un nœud ou d'un anneau, un fil fin de soie de deux à trois pieds de longueur.

Si on veut observer, on place l'instrument sur la couche et on tourne la boîte jusqu'à ce que la boule de métal ou de mercure coïncide exactement avec la ligne dite d'inclinaison. Ainsi la ligne de direction de la boîte devient parallèle à la ligne de direction de la couche et on peut déterminer exactement la direction. Après cela on tend le fil de soie sur le plan de la couche, de telle sorte que sa direction coïncide avec celle du parallélisme linéaire des feuillets et on prend l'angle que le fil indique sur le limbe du cercle. Or, c'est cet angle obtenu qu'il faut ajouter convenablement à la direction de la couche observée.

La division de l'instrument suppose qu'on a mesuré toujours l'angle aigu que font ensemble la direction du parallélisme linéaire des feuillets et celle de la couche. Il faut donc, dans chaque observation, faire attention de quel côté de la ligne de direction de la couche tombe la projection horizontale du parallélisme linéaire; si c'est sur le côté des grandes heures ou des petites heures. Dans le premier cas, il faut ajouter à la direction de la couche immédiatement, l'angle obtenu, tandis que dans le second cas, c'est le supplément de l'angle mesuré, qui est à ajouter; mais dans les deux cas,

il faut diminuer la somme de douze heures, si elle les dépasse.

Immédiatement à la place de cette méthode de mesurer l'angle du parallélisme linéaire avec la ligne de direction dans le plan de la couche, on pourrait aussi déterminer la direction du parallélisme linéaire d'après la direction et l'inclinaison de la couche et en déduire l'angle obtenu par la première méthode; mais ce moyen serait sujet à erreur pour des couches très inclinées, et inapplicable dans le cas de celles qui sont verticales. En général, pour ces dernieres, il faut observer de quel côté a lieu le redressement, parce que, sans cela, le résultat reste entaché d'une erreur exactement double de la grandeur de l'angle mesuré.

Enfin il est surtout important de faire les observations toujours dans le plan des couches, c'est-à-dire dans leur plan naturel de séparation; car toute roche composée de feuillets parallèles présentera, dans chaque plan coupant obliquement ses plans de séparation, une fausse apparence de parallélisme linéaire, ce qui peut très aisément conduire à de fausses conclusions (1).

Enfin, tout récemment, M. Louis Necker a décrit et figuré un nouveau *compas clinométrique*.

Cet instrument (*pl.* II *fig.* 17) est composé d'une plaque circulaire de cuivre A B divisée en 32 parties correspondant à autant de points du compas. Une plaque semi-circulaire de cuivre I C concentrique superposée à la précédente, est attachée à cette dernière de manière à tourner toutes deux autour d'un axe commun. Ce demi-cercle est divisé en 16 parties correspondantes exactement à celles

(1) Voyez *Neues Jahrb. der Mineralogie*, 1833, tom. IV, p. 388.

du cercle inférieur. Une portion semi-circulaire d'un anneau de cuivre E concentrique aux deux plaques, est lié par une charnière F avec le diamètre de la plaque semi-circulaire, de manière que cette dernière et celui du demi anneau se trouvent réunis dans la charnière. L'anneau peut être poussé en haut et en bas, de telle sorte qu'il peut prendre ainsi toutes les inclinaisons possibles sur le plan horizontal ou sur celui de la plaque circulaire inférieure qui représente le plan horizontal. En même temps la partie supérieure de l'instrument tourne au moyen d'un pivot central sur la partie inférieure, de manière qu'on peut placer la première dans toutes les positions correspondantes aux différents points du compas.

Dans cette disposition de l'instrument, le demi anneau représente le plan d'une couche; la charnière, la direction de la couche ou son intersection commune avec le plan horizontal. Toutes les lignes imaginaires qu'on peut tirer du centre de l'instrument à la circonférence de l'anneau, représentent toutes les coupes possibles qu'on peut faire par des plans verticaux passant à travers le plan de la couche et correspondant exactement aux lignes de stratification. Les divisions de la plaque semi-circulaire sous le demi anneau figurent la projection horizontale de ces lignes, qui coïncident avec les divisions du compas.

Un arc de cercle gradué appliqué verticalement au plan du demi-cercle et touché sur un point par le bord intérieur aigu du demi anneau, permet de mesurer l'angle produit par quelque ligne que ce soit dans le plan du demi anneau avec sa projection horizontale.

Il est absolument nécessaire de faire coïncider le centre de l'arc gradué avec celui de l'instrument et de tenir l'arc dans une position verticale. Pour cela un petit cylindre de cuivre L de 2 à 3 lignes de longueur et

d'une à deux lignes de diamètre est adapté au centre du cercle inférieur, il traverse le demi-cercle par un trou et vient s'insérer dans un tube creux placé dans la partie centrale de l'arc protracteur. On peut aussi faire le contraire et adapter le cylindre de cuivre au centre du protracteur et le faire entrer dans un tube occupant le centre du demi-cercle et le débordant d'une longueur égale à l'épaisseur du cercle inférieur pour pouvoir faire corps avec ce dernier au moyen d'un trou.

Un exemple va montrer l'emploi de cet instrument : Soient données les lignes de stratification savoir : 1° une ligne plongeant de 45° au S. vers E. ou montant sous 45° au N. vers O., ce qui est la même chose ;

2° Une ligne plongeant sous 56° à l'E. vers N., ou montant du même nombre de degrés à l'O. vers S.

La charnière ou le diamètre du semi-cercle de cuivre correspond à la direction de la couche, direction dans laquelle toutes les lignes de stratification paraissent horizontales. De plus la ligne marquée sur le demi-cercle pendiculaire à la charnière ou au diamètre est la projection horizontale de la véritable ligne d'inclinaison de la couche, et cette dernière ligne est de toutes les lignes qu'on peut tirer dans le plan, celle qui fait le plus grand angle avec sa projection horizontale. Appelons *ligne-index* la projection horizontale de cette ligne perpendiculaire à la charnière.

Commençons par supposer que des deux lignes données, celle qui a le plus grand angle d'inclinaison soit la véritable ligne d'inclinaison ; en conséquence on dirige la ligne index à l'O. vers S. du cercle de cuivre, et plaçant le protracteur verticalement sur la ligne index, on fait monter le demi anneau jusqu'à ce que son bord intérieur aigu vienne en contact avec le 56° de l'arc vertical. Observant ensuite la direction de l'autre ligne

donnée ou du N. vers O. du compas, et poussant le protracteur autour du centre jusqu'à ce qu'il soit vertical sur cette ligne, on regardera si le bord de l'anneau touche le 5°, car, dans ce cas, la position de ce dernier correspondrait exactement à celle du plan demandé. Mais, dans l'exemple actuel, il n'est pas nécessaire de mouvoir le protracteur pour voir que la ligne N. vers O. est celle qui correspond avec le diamètre et en conséquence avec la direction de la couche, de manière que, dans ce cas, la ligne donnée au lieu de monter sous 45° au-dessus de l'horizon, devrait être horizontale. La position de l'anneau ne correspond pas alors à celle du plan demandé.

Cette première opération apprend : 1° que l'angle d'inclinaison est plus grand que 56°, de sorte que le demi anneau devrait être tourné en haut sur sa charnière; 2° que le demi cercle devra tourner sur son centre, de manière à ce que la ligne-index sera poussée graduellement à l'O. et puis au N., afin de porter la ligne N. vers O. plus près de celle de la véritable inclinaison, pour avoir une ligne d'un plus grand angle d'inclinaison.

Élevant le demi-anneau de deux degrés plus haut et tournant le demi-cercle de deux points du compas vers le N.-O., de manière à faire correspondre la ligne-index avec celle de l'O. vers N. L'inclinaison de la ligne correspondant à l'O. vers S. sera encore de 56°, et si celle de la ligne correspondante au N. vers O. est de 45° on aura trouvé le véritable plan dirigé du N. vers E. au S. vers O. et montant sous 58° à l'O. vers N. Plaçant le protracteur verticalement sur la ligne N. vers O., l'angle trouvé étant 34° au lieu de 45°, il faudra remonter encore le demi-anneau et mouvoir le demi-cercle dans la même direction qu'auparavant.

Élevant le demi-cercle à 60° et plaçant la ligne-index

à l'O.-N.-O., on obtiendra une inclinaison de 45° sur la ligne N. vers O., et de 56° sur celle de O. vers S., ce qui correspond avec les données. La direction de la couche aura été reconnue ainsi être celle du S.-S.-O. et du N.-N.-E., et son inclinaison de 60° montant à l'O.-N.-O. et plongeant à l'E.-N.-E.

Si la direction du plan ou celle d'une ligne d'affleurement horizontal S.-S.-O. et N.-N.-E. avait été une des lignes données, l'opération aurait été simplifiée, il n'aurait fallu que porter la charnière dans cette direction, en se rappelant toute fois que l'autre point donné du compas doit être compris dans les points embrassés par le demi-cercle, puis on aurait placé le protracteur verticalement sur la ligne N. vers O., par exemple, et on aurait élevé le demi-anneau jusqu'à ce qu'il aurait touché le 45°; enfin on aurait placé le protracteur sur la ligne-index, ce qui aurait indiqué que l'inclinaison montante était à l'O.-N.-O. et que l'angle était = 60°.

Cette méthode, ajoute M. Necker, permet d'apprécier toujours la position exacte des couches, qu'elles soient ou ne soient pas des plans véritables; de plus elle fait découvrir des cas de deux séries distinctes de couches placées dans le même plan et des cas de stratifications non conformes, peu étudiés jusqu'ici. Enfin, quoique appropriée seulement à des couches planes, cette méthode donnant une grande justesse au coup d'œil, est encore utile dans l'étude des couches ondulées à surfaces courbes, soit qu'elles soient des parties de portions parallèles de cylindres à axes horizontaux, cas dans lesquels les plans parallèles à ces axes ou la direction paraîtront horizontaux, soit qu'elles soient des parties de cylindres obliques avec leurs axes inclinés à l'horizon, cas dans lequel il n'y a point de plan en apparence hori-

zontal, parce qu'il y a une inclinaison, même dans la ligne de direction (1).

§ III. *Instructions et objets nécessaires pour l'examen des roches.*

La détermination exacte de la composition des roches ou celle des fossiles est de la première nécessité pour un géologue voyageur; celui qui fait des courses lointaines ne doit donc pas négliger de se munir en double des divers objets que je vais mentionner.

D'abord dans toute espèce de course il faut avoir avec soi quelques bonnes *loupes de différents grossissements*, car on en a besoin à tout instant, la plupart des roches étant mélangées et à parties assez fines ou contenant des pétrifications.

Un *goniomètre simple* est un instrument qui peut trouver en voyage son application, pour distinguer aisément certains minéraux, qui entrent dans la composition des roches ou y sont empâtés, mais c'est déjà un instrument à ne prendre que dans des courses d'assez longue haleine. Un goniomètre à réflexion ne peut être emporté que dans des voyages nautiques autour du monde.

Pour essayer la dureté des roches, il faut avoir un *briquet*, et pour celle des minéraux plutôt de petits fragments de diamant, de corindon, de topaze, de quarz, de feldspath, de fluore, de chaux carbonatée, de sélénite et de talc; or la plupart de ces minéraux sont sous la main des géologues dans une foule de localités, ce

---

(1) Voyez *Transact. of the roy. Soc. of. Edinburgh*, tom. XII, part. 2, p. 372. 1834.

qui réduit extrêmement le nombre de ceux qu'il faut emporter.

Une *lime* peut être quelquefois nécessaire pour des essais au moyen de la râclure. Un *barreau aimanté* sert à des expériences sur le magnétisme des roches et surtout pour reconnaître les particules ferrugineuses dans des échantillons de roches triturées, suivant le mode d'analyse mécanique de M. Cordier (1). A cet effet on a aussi besoin d'un petit *mortier en agathe*, de quelques *minces bandes de verre*, d'un *chalumeau*, d'une pince à extrémités en platine et de quelques substances ou réagents chimiques.

Il est évident que ces derniers instruments ne doivent être emportés que lorsqu'on se propose de visiter des terrains crystallins, dans ce cas j'ai éprouvé plus d'une fois l'intérêt de ces essais faits sur les lieux mêmes où se trouvent les objets. A l'instant même sont levés des doutes qui, sans cela, auraient assailli l'esprit du géologue de retour chez lui.

Le *chalumeau* surtout est un instrument indispensable dans toute course où l'on ne doit voir autre chose que du calcaire et du grès. En voyage, il est préférable d'avoir un chalumeau en métal, plutôt qu'en verre.

Il faut consulter pour son emploi l'ouvrage classique de M. Berzélius : *De l'emploi du chalumeau dans les analyses chimiques et les déterminations minéralogiques* (édit. suédoise, Stockholm, 1820, in-8; 2e édition, 1827; trad. franc., par M. Fresnel, Paris, 1821, in-8o; trad. angl., par M. Children, Londres, 1822, in-8; trad. all. par H. Rose, Nuremberg, 1831,

---

(1) Voyez son Mémoire sur les substances minérales dites en masse, qui entrent dans la composition des roches volcaniques, dans le *Journ. de physiq.*, août et octob., 1816.

in-8 ; 2[e] édition, 1828 ; in-8), et l'ouvrage de M. John Griffin. *Pratical treatise on the use of the blowpipe*, etc , Glasgow , 1827, in-8.

Un appareil assez complet pour des essais au chalumeau comprend les objets suivants : une lampe, une feuille très mince de platine du poids d'environ un drachme de fils de platine, une cuillère en platine, des bandelettes d'argile d'après Smithson, de bons charbons, douze tubes de verre fermés de 1/2 à 4″ de longueur et de 3 à 5‴ de largeur, une pince pour couper les morceaux, un marteau, une enclume, une lime, un petit mortier d'agathe, etc. De plus, comme flux et réagents, du borate et carbonate de soude, du phosphate de soude et d'ammoniac, du salpêtre, de l'acide borique fondu, du nitrate d'oxide de cobalt, de l'étain laminé, des cordes de clavecin du n° 7, du plomb pur, du noir d'ivoire (1).

Quant aux *chalumeaux compliqués*, à air comprimé ou à oxygène et hydrogène, proposés par Brooks ou Newmann, le docteur Clarke, Hare, etc., il n'en peut pas être question en voyage, à moins qu'on fasse un voyage de circum-navigation.

On peut consulter à ce sujet les ouvrages ou mémoires suivants : Un chalumeau perfectionné, par M. K.-F. Kemp, *Edinb. N. phil. J.*, avril, 1829, p. 340 ; un chalumeau soufflant lui-même, par H.-B. Leeson (*Quart. J. of. Sc.*, tom. XVII, p. 236) ; description d'un nouveau chalumeau à gaz comprimé, exécuté par Newmann et inventé par Brooks (*J. of. the roy. Inst. of*

(1) A Paris, Pixii, rue du Jardinet, fournit des appareils de chalumeau, des goniomètres, etc.

London, tom. I, nos 3 et 4 1816 ;) *The gaz Blowpipe*, etc., par Ed. D. Clarke, Londres, 1819, in-8; *Uber den neuen Blasrohr Apparat mit Knallgas*, par Pfaff, Nuremberg, 1818, in-8; sur le pouvoir du chalumeau composé de Hare, par Silliman (*Americ. mineral. J.* du docteur Bruce, tom. I, cah. 4. p. 199).

Il est curieux de trouver dans les Mémoires de l'Académie de Stockholm pour 1784, p. 193, un Mémoire de B. Reinh. Geijer, intitulé : *Moyen d'employer le plogiston dans des essais au chalumeau.*

Pour distinguer les roches calcaires d'avec les autres masses, ou pour découvrir les parties calcaires disséminées dans beaucoup de roches, il est indispensable dans tout voyage d'emporter avec soi une petite quantité d'*acide nitrique non concentré*. On le renferme dans de petits flacons hermétiquement fermés au moyen d'un bouchon en verre, dont la longueur soit telle que l'extrémité plonge dans le liquide et qu'on puisse ainsi toujours en ramener facilement une gouttelette. L'essai se fait à l'ordinaire sur les échantillons mêmes, quoiqu'on ne doive pas négliger, dans des cas importants, de répéter l'expérience à l'auberge ou chez soi en plongeant une esquille de la roche dans de l'acide nitrique contenu dans un petit verre à pied.

Cette dernière manière est la seule qui laisse apprécier la quantité exacte du carbonate de chaux et des matières indissolubles contenues dans les roches. De cette manière on ne court plus risque de confondre avec des calcaires, des grès ou des argiles calcalifères, des molasses compactes et même certaines roches feldspathiques quelquefois infiltrées de calcaire. De plus ce mode a l'avantage de permettre un examen plus rigoureux des dolomies, dont la très faible effervescence échappe quelquefois dans les essais faits sur la roche même.

Pour ce qui est des voyages dans des contrées très éloignées, comme des circum-navigations, etc., il est clair qu'il faudra se munir de bien d'autres objets, puisqu'on se trouvera le plus souvent privé de tout accès à des laboratoires chimiques ou à des usines. Si le voyageur a pour but des recherches de mineur ou de métallurgiste, il faudra qu'il emporte tout un petit laboratoire chimique, et de plus il faudra prendre de toute chose en quantité bien autrement considérable, que lorsqu'on reste dans son pays ou en Europe.

Un appareil chimique devrait contenir alors pour le moins les objets suivants : une bonne balance, des cornues, des alonges, 12 à 14 matras, des entonnoirs ou filtres et 12 cylindres en verre de différentes grandeurs, du papier non collé à filtrer, des baguettes de verre, quatre tubes recourbés en verre, avec des bouchons à une des extrémités, des verres, des fioles à bouchons usés à l'émeril, douze verres de montres, douze capsules de verre, trois cornues de porcelaine, trois creusets de platine, l'un du poids de 3/4 d'once, l'autre de celui de 1 once 1/2 et un troisième de 4 onces, plusieurs creusets de Hesse, du lut gras, une livre de noir d'ivoire pour l'arrangement des coupelles, un fourneau de coupelle avec plusieurs compartiments et mouffles, une lampe ordinaire à esprit de vin, une lampe d'argent avec la mèche arrangée à la manière de Berzélius, une pince pour le charbon en forme de ciseau, une pince pour les creusets, une pelle pour le charbon, du papier à curcume et de tournesol, un grand mortier d'agathe, différents mortiers de grès ou de porcelaine pour la trituration, quelques siphons et un aréomètre.

Réagens liquides : 2 ℥ d'acide sulfurique concentré, 1 ℥ d'acide sulfurique anglais, 1 ℔ d'acide nitrique, 1/2 ℔ d'ammoniac, 4 ℥ d'eau de baryte, 2 ℥ de la solution de

nitrate de baryte, 4 ʒ d'eau de chaux, 2 ʒ de nitrate d'oxyde de plomb, 2 ʒ de la solution du nitrate de d'oxide de fer, 2 ʒ de fluate de cyanure de potasse et de fer jaune, 2 ʒ de la solution du nitrate d'oxydule de mercure, 2 ʒ de nitrate d'oxyde d'argent en solution, 2 ʒ d'oxalate d'ammoniac en solution, 2 ʒ d'une solution concentrée d'acide tartarique, 1/2 ʒ d'une solution concentrée de nitrate d'oxyde de platine, 2 ʒ de succinate d'ammoniac, quelques ℔ de tartrate de potasse, 2 ʒ de teinture de noix de galles, 2 ʒ de teinture de violettes avec beaucoup d'alcohol, 2 ʒ d'hydrosulfure d'ammoniac en solution, 2 ʒ de carbonate de soude.

Substances solides : 2 ʒ de carbonate d'ammoniac, 1/2 ℔ de carbonate de soude, 1 ℔ d'hydrate de potasse à l'alcohol, 1/2 ℔ de nitrate de baryte, 1 ℔ de sulfate de fer, 1 ʒ d'acide oxalique, 1/2 ℔ de sulfate de fer, 1 1/2 ℔ d'oxyde de magnésie, 1 ℔ de sel ammoniac, 1 ℔ de salpêtre purifié, 1 ℔ de sulfate double de potasse 2 ʒ de sulfate de cuivre et 4 ʒ de litharge.

§ IV. *Instruments de physique.*

Les sciences physiques fournissent au géologue tant de données indispensables qu'il doit toujours se tenir au courant de leurs progrès et tâcher même de les avancer, tout en voyageant pour la géologie proprement dite. Ainsi les mesures de hauteur, certaines observations météorologiques, thermométriques, hygrométriques et magnétiques rentrent dans le domaine du géologue-voyageur.

Néanmoins tout le monde n'est pas capable de faire marcher de front tant de genres de recherches et surtout celui qui n'a pas de guides ou de voiture sera fort embarrassé pour le transport d'intruments si aptes à se casser

ou à se détériorer en voyage. En les réduisant même à deux, savoir : un baromètre muni de thermomètres et un hygromètre, je sais par expérience combien de soins demandent la conservation de ces instruments. Si le baromètre est attaché à une bandoulière et l'hygromètre en poche, on ne peut guère donner de forts coups de marteaux sans être obligé de poser le premier instrument. D'ailleurs pour arriver à une certaine exactitude dans ses mesures barométriques, il faut qu'on puisse s'appuyer sur des observations correspondantes, faites au pied des chaînes ou montagnes qu'on visite.

En définitif, si de pareilles mesures sont intéressantes non-seulement pour savoir l'élévation des montagnes, mais encore celle des différents dépôts et leur puissance relative, je ne puis conseiller l'emploi du baromètre, de l'hygromètre, etc., que pour de grands voyages, où l'on a besoin d'avoir avec soi des chevaux ou une voiture et où on visite des pays non encore relevés trigonométriquement et barométriquement. Dans ce cas on ne prend ces instruments sur soi que lorsqu'ils peuvent être nécessaires, ou bien on les fait porter par des guides dans ses excursions.

On a proposé un grand nombre de *baromètres* de voyage. Dans le baromètre à siphon de Deluc on empêche le mouvement du mercure pendant le transport, au moyen d'un morceau de baleine auquel est attaché un tampon de coton et de soie, et qu'on peut forcer à volonté dans le tube un peu resserré du baromètre. Des loupes et des nonius permettent d'y apercevoir, avec exactitude, les moindres variations dans la hauteur de la colonne mercurielle. Quoique cet instrument se porte dans un sac de peau en bandoulière, son transport exige beaucoup de précautions.

Le *baromètre à siphon de M. Gay-Lussac* est en ce

genre, l'instrument le plus léger, le plus simple et le meilleur marché, mais la fabrication en est difficile et a lieu, surtout à Paris. Il est composé de deux parties réunies par un tube capillaire, dont la petitesse du trou obvie à tout mouvement rapide du mercure et aux dangers de la fracture des tubes de manière qu'on n'a pas besoin de fixer la colonne de mercure. L'ouverture ordinaire du baromètre à siphon est close et il n'y a qu'un trou imperceptible, qui est suffisant pour l'entrée de l'air, sans laisser passer pour cela du mercure.

M. Gœdeking a proposé aussi un *baromètre* très simple, son tube plonge dans une petite cuvette cylindrique en bois ou en verre et rempli à moitié de mercure, tandis qu'une plaque de fer fortement rembourée et munie extérieurement d'une vis, sert à presser la masse du métal et à la rendre immobile en en remplissant le tube. Néanmoins cet instrument manque aisément d'exactitude, surtout pour les mesures de grandes élévations à cause des corrections nécessaires à faire pour la hauteur variable du mercure dans le vase; d'ailleurs les tubes n'étant pas garantis extérieurement, se brisent trop facilement.

Le *baromètre à cuvette de Fortin* a acquis une grande réputation par l'élégance de sa construction, la grande exactitude des résultats qu'il procure et la facilité de son emploi. Cet instrument est un tube de verre se terminant dans un sac de cuir et une vis avec une tête en bois placée sous ce dernier, permet de pousser le mercure jusqu'au point où il remplit tout le tube. M. Horner, de Zurich, a substitué une rondelle en liége à celle en bois de M. Fortin. Tout le tube du baromètre est placé dans un cylindre de laiton garni de peau et fendu des deux côtés aussi bas que va l'échelle, afin de pouvoir examiner la colonne mercurielle et la mesurer au moyen d'un

nonius. Ce dernier est sur un anneau, qui se laisse pousser sur le tube en cuivre; ses divisions et une vis micrométrique permet de l'arrêter avec une grande exactitude aux points convenables. Lorsqu'on veut observer on élève le mercure dans la cuvette jusqu'à ce qu'il touche une pointe d'acier descendant depuis le couvert de la cuvette et formant le point de départ de l'échelle, de manière qu'il n'y a pas de correction à faire pour la cuvette.

Ce baromètre est, sans contredit, un des meilleurs instruments de physique, car on ne peut lui appliquer les objections faites, non sans fondement, contre l'exactitude des baromètres à siphon. Néanmoins son prix est élevé et égal à celui des baromètres à siphon fabriqués par Pistor, à Berlin, et son poids est assez considérable pour exiger un guide, surtout lorsqu'il est garni d'un étui en bois pouvant se diviser en trois branches disposées de manière à soutenir le baromètre à leur point de réunion. D'ailleurs il est tout aussi sujet à se briser que les autres instruments de ce genre.

Pour obvier à cet inconvénient dans les voyages de long cours et les circum-navigations, on prend avec soi des tubes de rechange. M. Playfair a recommandé, dans un Mémoire, des tubes de fer pour les baromètres de voyages (Voy. *Quart. J. of Sc. de Londres*, tom. 1, n° 1, p. 121).

Dans mes voyages je me suis servi du *baromètre très portatif de sir Henry Englefield*, qui n'est guère plus pesant que celui de M. Gay-Lussac, et moins que celui de Fortin, mais qui n'égale pas l'exactitude donnée par ce dernier, lors même qu'il y a des tables de corrections construites exprès pour son usage. Ces baromètres, exécutés au prix de 3 à 5 livres sterlings, par P. et G. Dollond, à Londres, sont construits pour mesurer

de grandes hauteurs ou seulement des élévations ne dépassant pas 4 à 5,000 pieds. Ils ressemblent à ceux de Fortin, mais le tube et la cuvette sont renfermés dans un tube de bois, qui porte un nonius, et deux thermomètres mobiles, dont l'un sert à prendre la température de l'air ambiant, et l'autre celle du baromètre : à son extrémité un anneau sert à suspendre l'instrument. Il lui manque l'artifice employé dans le baromètre de Fortin pour s'assurer de la hauteur du mercure, dans le sac en cuir. Néanmoins comme l'exactitude mathématique de l'ingénieur-géographe n'est pas nécessaire au géologue, et qu'une différence de quelques pieds n'a pas de valeur pour lui, cet instrument peut lui être fort commode. Il s'agit seulement de mettre le public dans la confidence des moyens d'observation, pour éviter toute équivoque.

Dans ces derniers temps, M. August a conseillé un baromètre différentiel (1). Il consiste (*pl.* II, *fig.* 18) en un cylindre de verre A poli intérieurement, garni convenablement aux deux bouts, et contenant le mercure Q qu'on fait mouvoir à volonté au moyen d'une rondelle en liége $\varepsilon\ \delta$ et une vis γ. Dans le couvert de la partie supérieure du vase s'adapte à volonté une petite planchette B de 10 pouc. de longueur et de 1,5 pouc. de largeur, sur laquelle sont attachés une échelle et deux tubes de verre, l'un ouvert aux deux bouts *c d* et l'autre fermé à l'extrémité supérieure *a*, *b*. Dans le transport cette planchette se porte dans un étui particulier, tandis qu'un autre reçoit la cuvette fermée avec un couvercle vissé. De cette manière on prévient tous les accidents possibles

(1) Voyez *Annales de physique*, de Poggendorf, tom. III, p. 329.

et s'il se perd du mercure, ce qui arrive aussi souvent dans les autres baromètres, cela n'est d'aucune importance, à moins qu'il ne s'en échappe une trop grande quantité. Dans ce dernier cas il faut remplacer le métal qui s'est perdu.

Pour observer avec cet instrument, on pousse la colonne mercurielle dans le tube fermé à une extrémité jusqu'au point normal π indiqué sur une plaque d'ivoire, par deux lignes horizontales très fines, et on lit sur l'échelle, à côté de l'autre tube et au moyen d'un nonius, la hauteur du mercure dans ce dernier.

Cet instrument, encore peu connu et revenant à 44 florins ou environ 90 francs, est fondé sur les principes suivants : Le baromètre doit mesurer l'élasticité absolue et la pression de l'air, mais d'après la loi de Mariotte, les volumes de l'air comprimé inégalement sont inversement proportionnels à leurs élasticités, donc on peut déduire l'élasticité originaire de l'élasticité augmentée d'une masse d'air renfermée et comprimée plus fortement. Or, dans l'instrument en question, on produit cet accroissement d'élasticité, en comprimant l'air dans le tube fermé supérieurement par l'ascension forcée du mercure jusqu'à une certaine hauteur, tandis qu'il monte proportionnellement dans le tube opposé. La capacité de tout le premier tube étant $=$ m, la capacité de sa partie b $\pi =$ a, l'élasticité de l'air avant la compression $=$ x le poids de la colonne mercurielle dans le tube c $d = \beta$, on aura

$$m : a = x + \beta : x \text{ ou } m - a : a = \beta : x$$

D'où l'on déduit $x = \frac{a\beta}{m-a}$

Si on prend $m - a = n$ on aura :

$$x = \frac{m-n}{n}\beta = \left(\frac{m}{n} - 1\right)\beta$$

Pour arriver à une formule plus commode, il est bon d'admettre un rapport constant pour $\frac{m}{n}$ afin qu'on n'aye toujours à déduire la valeur x ou la véritable hauteur de la colonne mercurielle, du seul rapport de la capacité de tout le tube a b, de la hauteur de la colonne de mercure a π et de son élévation dans le tube c d $= \beta$. Faisant donc a π égal au quart du tube a b, on a m $= 1$ et n $= 1/4$, d'où il résulte que $\frac{m}{n} - 1 = 3$ et $x = 3\ \beta$ c'est-à-dire que la hauteur du mercure dans le tube c d indique précisément le tiers de la hauteur que fournirait un baromètre non raccourci. Il ne s'agit donc plus que de donner à l'échelle e f, le tiers de la longueur d'une échelle ordinaire de baromètre, ce qui la réduira à environ dix pouces de longueur absolue, puis de diviser au moyen d'un nonius les tiers de pouces et de lignes en dixièmes, et alors on pourra lire tout de suite les hauteurs barométriques.

Suivant l'élévation absolue des lieux d'observation, l'eau entre en ébullition à des températures très variables, cette donnée a été employée par quelques physiciens pour substituer, dans la mesure des hauteurs, au baromètre un thermomètre plongé dans de l'eau bouillante ou un *hypsomètre thermométrique*.

Au premier abord, cet appareil semblerait avoir l'avantage d'être moins cassant, mais ensuite viennent la difficulté du transport d'une quantité toujours suffisante d'eau distillée et l'estimation exacte des résultats tirés de pareilles observations.

Les hypsomètres thermométriques ont été surtout pré-

(1) Voyez Mémoire de Wollaston dans le *Quart. S. of sc.*, tom. III, p. 372.

conisés par quelques savants anglais (1), et en 1833 par MM Baumgartner et Mitis de Vienne, qui ont fait construire en ferblanc un appareil très portatif à double fond parcouru par la vapeur de l'eau. (Voyez la description entière de l'instrument dans le *Zeitsehrift fur Physik*, 1833). Des tables ont été construites pour l'usage de ces instruments (1).

Le thermomètre n'est pas indispensable pour le géologue-voyageur, néaumoins s'il prend des mesures de hauteurs, il faut qu'il en ait un ou deux. D'ailleurs, ces instruments peuvent lui être utiles pour déterminer la température des cavernes, des mines, des sources à la surface du sol ou dans les puits artésiens, des eaux minérales, des lacs, des mers et même du sol naturel ou volcanisé suivant les contrées qu'il parcourt. En général, la plupart de ces expériences, à l'exception de celles sur les sources, sont hors de la portée du géologue-voyageur, parce qu'elles exigent une station prolongée sur les lieux d'observation.

En effet, la température des cavernes, des mines et même des sources peu varier suivant les saisons et par suite d'une foule de circonstances inappréciables pour celui qui ne les examine qu'une ou deux fois. Ensuite les causes des températures observées sont multiples; et vraiment, si à cet égard on ne veut pas s'exposer à introduire des erreurs dans la science, il faut abandonner ces expériences aux physiciens et aux géologues stationnaires.

---

(1) Tables pour mesurer les hauteurs de montagnes, au moyen du degré de l'eau bouillante, par M. Prinsep. (*J. of the Asiat. Soc. of Bengal*, tom, II, n° 4, p. 194.)

Les mêmes observations s'appliquent aux *expériences électro-magnétiques* à faire dans les filons et sur leurs entre-croisements. Sous ce point de vue, il deviendrait presque surperflu de parler des instruments nécessaires à ces recherches, si on ne devait pas prévoir que certains voyageurs resteront assez long-temps dans certains lieux pour les employer. Si un bon thermomètre, peu attaquable dans sa garniture par certaines substances, est suffisant, pour l'examen de quelques eaux minérales et du terrain volcanisé, il vaut mieux en avoir de gradués sur le tube même.

Pour s'assurer de la température à différentes profondeurs dans des cavernes ou des mines ou de celles des lacs et des mers, il faut employer un *thermomètre à maxima et minima.* On se sert à l'ordinaire du thermomètre de Six pour prendre la température du fond de la mer et des puits artésiens. Cet instrument consiste en un thermomètre à esprit de vin avec un long cylindre aa (*pl.* II, *fig.* 19) et un large tube presque rempli du liquide en question, l'extrémité de ce dernier se termine en un petit globe, afin de permettre une dilatation plus considérable de l'esprit de vin, ce qui du reste n'arrive jamais par les températures qu'on se trouve avoir à mesurer. Le tube rempli d'esprit de vin, est recourbé, comme l'indique la figure, et dans son milieu à cc, il est interrompu par une petite masse cylindrique de mercure dont l'adhésion des particules empêche l'esprit de vin de rester attaché au verre, tandis qu'il est obligé de suivre lui-même les mouvements de la liqueur alcoholique, sans pour cela cesser de former un cylindre. Devant chaque extrémité de ce dernier, sont placées de petites pointes d'acier avec des petites têtes à leurs extrémités, de manière à ne pas remplir cependant tout le tube. Ces pointes sont chassées en

avant par le mercure, l'esprit de vin n'ayant pas cette force, les laisse au contraire dans l'endroit où elles ont été portées.

Le thermomètre ainsi construit est attaché sur une planche, qui porte en même temps une échelle construite d'après un bon thermomètre, et placée de manière à pouvoir indiquer les mouvements du cylindre de mercure.

Lorsque l'esprit de vin se dilate, le mercure pousse la pointe d'acier, b c, devant soi par son extrémité la plus éloignée, et la laisse là en se retirant, ce qui sert alors à faire apercevoir les maxima de température, comme la place de la pointe d'acier à l'autre extrémité, marque les minima. Il est évident que pendant l'observation, le thermomètre doit être horizontal, tandis qu'auparavant on l'a mis dans une position verticale, afin de faire descendre par leur poids les pointes d'acier sur les extrémités du cylindre de mercure.

Un autre *thermomètre à maxima et minima est celui du docteur Rutherford* (*pl.* II, *fig.* 20), il est composé de deux thermomètres, l'un à mercure et l'autre à esprit de vin, attachés tous deux dans une position horizontale sur une plaque de verre sur laquelle est gravée l'échelle de chacun d'eux. Le thermomètre à mercure renferme, dans son intérieur, un petit cylindre d'acier, que le mercure pousse devant lui dans sa dilatation et qui, restant lors de sa contraction, sert à indiquer les maxima de température. D'une autre part le thermomètre à esprit de vin contient un tube capillaire de verre avec une petite tête qui, par son adhésion au liquide, ne s'en sépare jamais, ce qui fait qu'il suit ce dernier lors de sa contraction sans remonter lorsque le liquide se dilate, ainsi les minima de température se trouvent naturellement indiqués.

Pour observer la *température des mines*, on se sert, d'ordinaire, de thermomètres fixes et placés dans des points où l'on pense qu'ils sont hors de toute influence étrangère à celle de la chaleur propre de la terre (1).

Pour étudier la *chaleur terrestre* ailleurs que dans les cavernes, les mines et les puits artésiens, on n'a guère, dans les zônes tempérées et froides, que les sources, et les eaux minérales et thermales sourdant à la surface du globe; or, si ces dernières donnent une idée des opérations chimiques et de la chaleur à une grande profondeur, la température des sources froides n'est qu'un bon moyen de connaître la température moyenne annuelle d'une contrée ainsi que celle du sol superficiel, mais non pas pour mesurer la chaleur de la croute terrestre.

Sous les tropiques et surtout dans le voisinage de l'équateur, en Colombie, etc., le thermomètre, dans une année n'oscille que de quelques degrés autour de la température moyenne, aussi M. Boussingault a-t-il pu prendre cette dernière dans beaucoup de lieux à des élévations absolues différentes, simplement au moyen de quelques observations thermométriques, faites au fond de trous ayant environ un pied de profondeur.

Un des meilleurs ouvrages, sur ce sujet, est celui de M. F. Reich, *Beobachtungen uber die Temperatur des Gesteins in verschiedenen Tiefen in den Gruben des Sachsisch. Erzgebirges in den J. 1830 bis 1832*, Freiberg, 1834, in-8.

Consultez aussi les mémoires de MM. Cordier (*Ann. du Mus.*, 1829), Humboldt (*Ann. de Chim.*, v. 13, p. 207), Fourier (*dito* vol. 13, p. 418, vol. 27, p. 136, vol. 28, p. 337 et sa *Théorie analytique de la chaleur*. Paris, 1822, in-4o); les Mémoires de

---

(1) Voyez aussi un instrument de ce genre décrit par M. Gay-Lussac. *Annal. de ch. et de phys.*, 1816, sept., art. 6.

MM. Libri (*Acad. d. Sc.*, 4 mars 1833). Parrot (*Bibl. univ.*, 1832 vol. 3, p. 167). Delarive et Marcet (*Mém. de la soc. de phys. de Genève*, vol. 6, part. 2, ou *Bibl. univ.* 1834. May, p. 30). Phillips (*Ann. de Phys.* de Poggendorf, n. s. vol. 34, p. 191.). Spasky (*dito*, vol. 31, p. 365). Kupffer (*dito*, vol. 28, p. 630, vol. 32, p. 284, 1834, n. 28), Gerhard (*dito* vol. 22, cah. 4 et vol. 28. p. 233). Magnus (*dito* 22, p. 136). Erman (*Mém. de l'acad. de Berlin*, 1831). Barham (*Trans. of the geol. soc. of Cornw.* v. 3. p. 150). Fox (*dito*, p. 313 et v. 2 p. 14). Forbes (*dito*, vol. 2, p. 159.) Moyle (*dito*. p. 404). Uber die Warme der Erde in Basel, par M. Merian. Basle, 1823. in 4°, etc.

Le *magnétisme terrestre* est une partie de la physique qui rentre essentiellement dans le domaine du géologue, puisqu'une foule de phénomènes terrestres ne reçoivent leur explication que de ces forces. Il faut remarquer l'inclinaison, la déclinaison et le nombre d'oscillations de l'aiguille aimantée; les deux premières observations donnent la direction de la force magnétique, la dernière son intensité. De plus les variations annuelles et séculaires de l'aiguille sont à comparer aux variations diurnes, et on doit déterminer la position de l'équateur magnétique, c'est-à-dire de la courbe formée de tous les points où l'inclinaison est nulle, ainsi que celle des pôles magnétiques. Enfin il faut étudier les rapports des variations de l'aiguille avec l'apparition des aurores boréales et les influences que les autres corps célestes peuvent exercer sur le magnétisme terrestre.

Voyez pour plus de détails et pour les instruments nécessaires, les ouvrages de physique, en particulier le *Traité de l'électricité et du magnétisme*, par M. Becquerel, ainsi que le Mémoire récent de M. Duperrey, pour la partie théorique.

Quant aux *expériences électro-magnétiques* à faire sur les filons métallifères, dans les mines et en général

sur les différentes couches de la terre, il suffit d'avoir des galvanomètres très délicats et surtout bien faits, et de les mettre en communication avec les masses, dont on veut observer les propriétés magnétiques au moyen de fil de métal (cuivre) convenablement choisis et garantis de toute influence secondaire par des enduits ou des arrangements divers. Les grandes difficultés sont de produire un isolement complet dans les appareils servant à apprécier le phénomène, puis de ne pas confondre des effets résultant de causes accidentelles ou secondaires (la chaleur développée par des actions chimiques, etc.) avec ceux produits réellement par l'association ou l'arrangement plus ou moins divers des masses minérales sous l'observation. Les Mémoires que M. Fox a fait en particulier, à ce sujet, sont loin d'être satisfaisants (1). MM. Bennetts et Petherick croient cependant avoir découvert, dans certains filons de cuivre du Cornouailles et dans certains contacts de diverses roches, des parties à électricité négative et positive (2).

Le géologue voyageur, qui s'intéresse aux eaux minérales, a besoin quelquefois de prendre la pesanteur spécifique des eaux salines ou thermales, ce qui nécessite l'emploi d'un *aréomètre*.

On en a proposé de différents genres, un des plus commodes est celui de Fahrenheit, perfectionné par G.-G. Schmidt (*pl.* II, *fig.* 21). A un globe de verre en forme de poire A est suspendu le petit

---

(1) Voyez *London phil. Trans.*, 2, 1830, part. 2, et *J. de géolog.*, tom. II, p. 385, *Trans of the roy. Soc. of Cornwall*, tom IV, p. 21, et *Lond. a. Edinb. phil. mag. fev.*, 1834.

(2) Voyez *Lond. a. Edinb. phil. mag.*, juillet, 1833, p. 11, 16 et 18.

vase rempli de mercure B, tandis que supérieurement une petite soucoupe C avec un support en verre garni d'un petit bouton, est soudé à la poire. L'instrument est construit de manière à peser 700 fractions d'un poids comme des demi-grains de la livre rhénane, on place 300 de ces fractions d'un poids dans la soucoupe, et on le fait descendre dans de l'eau pure ayant 15 à 18° centigr. jusqu'au petit bouton du support, ce qui produit une pesanteur spécifique égale à 1,000, ou 1000 pris comme unité. Maintenant si on veut connaître la pesanteur spécifique d'un autre fluide, on n'a qu'à plonger l'instrument dans un verre alongé rempli du liquide à examiner et sous une température à peu près la même que celle de l'eau employée, on ajoutera dans la soucoupe les fractions de poids nécessaires, pour que la surface du liquide touche le bouton du support, et ces poids ajoutés aux 700 de l'instrument, donnent la pesanteur spécifique sans d'autres calculs.

Le corps de cet aréomètre ou gravimètre de Guyton a 5 po. de longueur et peut se placer dans une boîte de 8 po. de long, 3 po. de large et 2 po. de hauteur avec un verre pour verser les liquides, un thermomètre, les poids et la petite pince nécessaire. Cet instrument, du prix d'environ 37 francs, permet d'estimer la pesanteur spécifique des fluides presque jusqu'à 0,0001 près et en y ajoutant un poids plus fort B, on peut l'employer aussi pour les fluides les plus pesants. De plus on n'a pas à craindre la rouille, comme dans les instruments en métal et des bulles d'air n'adhèrent guère à ses parois.

Néanmoins il est bon d'ajouter au poids B un petit baquet en argent, comme dans l'hydromètre-thermomètrique de Charles, et alors on peut encore s'en servir pour déterminer la pesanteur spécifique des minéraux,

comme cela se pratique d'ordinaire avec l'aréomètre de Nicholson. Dans ce cas l'artiste fera bien de faire le corps de l'instrument un peu plus gros, afin qu'on puisse peser avec lui des morceaux dépassant le poids de 400 à 500 demi-grains rhénans.

Dans certains cas rares le géologue-voyageur voudra connaître la profondeur des lacs et des fleuves. On a inventé, à cet effet, des *bathomètres*, mais aucun de ces instruments n'est parfait, et on se sert encore, même en mer, du simple fil à plomb, qui donne des résultats exacts au moins pour des profondeurs qui n'excèdent pas 1000 pieds. En voyage on peut même remplacer la masse de plomb par une pierre d'une forme convenable, mais il faut faire attention d'augmenter le poids et la force de la corde avec l'accroissement de la profondeur.

Un *hygromètre* est un instrument superflu pour le géologue, à moins qu'il ne cultive la météorologie ou qu'il ne cherche à estimer l'influence de l'humidité de l'air sur la décomposition des roches. Dans tous les cas ce sont des observations délicates.

A cet effet il faut avoir un thermomètre très délicat avec une longue échelle graduée d'après Réaumur ou Celsius en demi ou plutôt en quart de degré. On prend d'abord la température de l'air à l'ombre, puis on recouvre le globule du thermomètre d'une fine mousseline mouillée et, après 15 minutes, on prend la température indiquée par l'instrument, ce qui donne le point de la rosée et on déduit des deux observations la différence psychrométrique. Plus le thermomètre mouillé s'abaisse au-dessous du point observé avant de l'avoir humecté, plus il a été absorbé de calorique pour l'évaporation du liquide, et plus est grande la sécheresse de l'atmosphère. Le point de la rosée indique le degré de température auquel l'air

est saturé de vapeur aqueuse, donc on a aussi sa densité.

Lorsqu'on visite des hautes chaînes ou des pays très différents, un *cyanomètre* peut devenir utile.

Voy. les détails dans les Traités de physique et de météorologie de MM. Biot, Leslie, Despretz, Pouillet (2e édit. 1834, 4 v. in-8°.) Muncke (*Naturlehre* Heidelberg, 1830). La Météorologie de M. Bailly de Merlieux. Paris, 1830, ou la trad. all. par Diettman, *Meteorik*, etc., Ilmenau, 1832, in-8°, et surtout *Handbuch der Meteorologie*, par le docteur Kastner, Erlangen, 1823 à 1830, 2 v. in-8°, *Grundsœtze der Meteorologie*, par M. Schubler. Leipzig, 1831, in-8°, *Lehrbuch der Meteorologie*, par M. *Kamtz*, Halle, 1831, vol. in-8°.

§ V. *Instruments et appareils pour le dessin de profils et de vues.*

Le dessin est un talent très utile au géologue-voyageur, soit pour lui graver mieux les observations dans l'esprit, soit pour pouvoir les raconter avec plus de vérité et de facilité.

Il faut se munir d'un portefeuille à dessin plutôt oblong que carré.

Parmi les crayons, ceux d'étain fondu ou ceux d'une composition noire et dure sont préférables, parce que la pointe est moins apte à se casser que dans les autres.

On fait tenir les dessins au crayon en les passant à travers du lait.

Des vues non colorées se laissent bien exécuter sur du papier gris ou bleu, avec des crayons noirs et blancs.

Comme beaucoup de géologues ne sont pas exercés dans le dessin, on a imaginé des appareils pour reproduire les objets en petit ou en grand ; ils peuvent même être utiles aux dessinateurs.

Parmi ces derniers la *camera clara* ou *lucida* occupe la première place à cause de la netteté des images et la facilité de les dessiner, même sans avoir besoin d'une grande lumière. D'après Wollaston, la *camera lucida* consiste en un prisme à base trapézoïdale, dont l'un des angles a 90° et l'autre 135°. On peut donner au prisme une direction telle que l'image de l'objet à dessiner vient se présenter sur un des côtés intérieurs du prisme, tandis que l'observateur ne croit le voir que fort au-delà de la surface réfléchissante. En plaçant une feuille de papier à ce point, l'objet vient s'y figurer dans ses moindres détails et, vu la transparence du prisme, on peut le dessiner exactement, puisque la main et le crayon sont visibles, et qu'on n'a qu'à suivre les contours de l'image.

Néanmoins il faut un peu d'exercice pour savoir tenir l'œil de manière à apercevoir toujours le crayon et les traits de l'image, ou bien pour saisir les détails de cette dernière. C'est ce qui a provoqué les améliorations que M. Amici a faites à cet appareil et pour lesquelles on peut consulter les ouvrages suivants :

Mém de M. Amici dans les *Annal. de Chim.*, t. XXII, p. 137; Mém. du docteur Wollaston dans les *Annal. de phys.* de Gilbert, tom. XXXIV, p. 353; 4ᵉ compte rendu annuel de Berzélius en All., p. 42; le *Physikal. Worterbuch* de Gehler, nouvelle édition, tome II, p. 24. Une *Camera clara* coûte de 36 à 38 francs.

Un appareil plus simple, plus transportable et moins cher est le suivant : un cadre de bois est divisé en un certain nombre de petits carrés, au moyen de l'entre-croisement de fils de soie rouge ou de fil de fer. Sur une échelle semblable ou sur une échelle plus grande ou plus petite, on établit sur du papier blanc plutôt un peu épais, un réseau analogue au moyen de lignes noires.

On a un moyen de fixer les yeux, comme dans l'appareil transparent que je vais décrire plus bas.

Le cadre est placé sur un support, sur un bâton ou une branche d'arbre, etc., au moyen de viroles munies d'écrous; on met du papier mince et transparent, sur le papier à réseau noir, et on fait tenir les deux feuilles de papier ensemble au moyen de plusieurs petites viroles de fer-blanc, ce qui est surtout bien nécessaire lorsqu'il fait du vent. Quand on veut dessiner, on cherche un objet qui rentre dans un des carrés du cadre et on le dessine sur le papier fin dans le cadre correspondant indiqué par le papier à réseau noir, et on parcourt ainsi chaque compartiment des deux réseaux respectifs.

Ce mode de dessin permet une grande exactitude, on peut interrompre son ouvrage une fois qu'on a déterminé la place de certaines lignes à travers plusieurs carrés; en recherchant plus tard son point de vue, on peut reprendre son dessin où on l'a laissé. De plus la grandeur plus ou moins considérable des carrés sur le papier, par rapport aux carrés du cadre, donne les moyens de grandir ou rapetisser les objets.

Je dois encore décrire un troisième appareil fort utile et surtout bon pour ceux qui ne savent guère dessiner (*pl.* 3, *fig.* 22). Il consiste en un cadre léger de bois, contenant une plaque de verre de 16 à 18″ de long, sur 10 à 12″ de hauteur. Un écrou en bois (*a*) sert à attacher le cadre à un support (*b*) qui, pour avoir plus de solidité, se termine par trois pieds munis de pointes. Au moyen de petites verges mobiles en bois (*c* et *d*) on fournit à l'œil un point de mire fixe à travers la petite ouverture ronde (*f*). La plaque de verre est gommée et on dessine dessus avec des crayons assez mous comme ceux employés pour la lithographie. Ensuite, on reproduit les figures sur du papier transparent et on dégomme

la plaque pour la préparer de nouveau lorsqu'on en aura besoin.

Les inconvénients de cet appareil comparés à celui précédemment décrit, sont la nécessité de dessiner deux fois les objets et leur calque moins facile (1).

CHAPITRE III.

Vêtements et autres objets de voyage.

Les vêtements doivent être appropriés à la nature du voyage, au pays qu'on doit parcourir et à la saison pendant laquelle on veut voyager.

Les courses géologiques exigent des *habits* avec des poches aussi nombreuses que possibles, mais surtout spacieuses et solidement cousues. Dans mes voyages de longue durée j'ai trouvé utile d'avoir des poches en peau douce, précaution surtout précieuse pour ceux qui ne portent pas de havresac et qui mettent leurs échantillons en poche.

Lorsqu'on va courir les hautes montagnes, il est avantageux d'avoir une redingotte courte au lieu d'un habit, parce qu'on est mieux protégé contre la pluie et les vents froids que le voyageur échauffé trouve d'ordinaire sur les plateaux ou les cimes élevées. En général j'ai trouvé qu'une redingotte d'un drap léger de casimir ou de toute autre étoffe un peu chaude, était préférable à des habillements semblables en nankin, nankinet ou étoffe très légère. Ces derniers vêtements ne sont

(1) M. Bronn décrit un semblable appareil dans ses *Ergebnisse naturhistorischer Reisen*, tom. I, p. 238.

bons que dans les plaines et on ne peut les prendre, dans la montagne, qu'en eu ayant d'autres de rechange pour les soirées froides ou les courses dans les jours pluvieux, ou dans les montagnes très hautes.

Si on a des habits de rechange, et un guide pour porter une redingotte et les échantillons, une veste ronde en nankin ou d'étoffe légère de couleur claire m'a paru un excellent habillement pour escalader lestement les montagnes.

Les *pantalons* doivent être passablement larges, et il est essentiel d'en avoir au moins deux ou trois, l'un de drap et les autres d'étoffe d'été, plus ou moins légère.

Quant aux *caleçons*, ils m'ont toujours paru en voyage une chose fort incommode et inutile, ceux qui y sont accoutumés devront du moins les faire assujettir à leur pantalons pour obvier au glissement continuel de ce vêtement, glissement qui empêche la marche et peut même occasioner des chûtes dans les pas difficiles. D'ailleurs en été un pantalon de drap est suffisant pour la marche dans les montagnes même à glaciers; pour empêcher les frictions du drap contre la peau, il faut seulement avoir soin de garnir de toile les parties du pantalon les plus sujettes à les occasioner.

Sur les autres articles d'habillement, je me contenterai des remarques suivantes : Les *gilets* doivent être d'étoffes de différente épaisseur ou consistance, il est bon d'avoir deux paires de *bretelles* pour pouvoir changer quand on en a mouillée une par la transpiration.

Les *chemises* doivent être plutôt de coton que de toile, à moins qu'on ne soit guères sujet à transpirer; or comme l'ascension de hautes sommités, ne peut pas se faire sans provoquer la lassitude, une chemise de coton est bien plus propre qu'une chemise de toile

à empêcher un refroidissement trop prompt, une fois qu'on cesse de se mouvoir. Si l'on est habitué à porter de la flanelle, il est nécessaire d'avoir au moins deux chemises ou gilets semblables.

Parmi ses *cravattes*, il est convenable pour le voyageur d'en avoir de couleur pour le voyage.

Il faut avoir aussi un certain nombre de *mouchoirs de toile*, ils peuvent être utiles au besoin lorsqu'on s'est blessé, sous ce rapport les mouchoirs de coton et surtout de soie m'ont paru peu propres pour le voyage, à moins qu'on ne s'en serve comme serre-têtes.

Un *bonnet de nuit* de coton ou de soie est un objet de première nécessité pour la plupart des voyageurs, soit pour la nuit, soit pour se tenir la tête chaude sur les sommités neigeuses.

Quant au *chapeau*, celui de paille blanche ou noire n'est vraiment à recommander que dans la plaine, parce que, dans la montagne, de pareils chapeaux sont trop sujets à être emportés par le vent, ou du moins, on est obligé de les attacher. On peut employer partout un chapeau léger de feutre ou de soie, bien fait, avec un assez grand rebord, et la couleur en peut être grise ou noire, suivant le pays qu'on voudra visiter. La garniture intérieure sera de cuir noir lissé.

Les *bonnets*, de quelque forme qu'ils soient, ne m'ont pas paru convenables en voyage, parce que, s'ils sont pesants, ils échauffent trop la tête, et s'ils sont légers, ils ont le même inconvénient que les chapeaux de paille. Ensuite, les abat-jours des bonnets obstruent souvent la vue, ou bien, si le bonnet en manque, on est ébloui et brûlé par les rayons du soleil. Enfin, on ne peut pas se présenter partout avec un bonnet, et, en général, on ne peut rien mettre dedans, tandis que le fond du chapeau offre toujours au géologue une dernière res-

source pour mettre son mouchoir, des objets précieux, et même certains échantillons, quand le havresac et les poches sont remplies.

Lorsqu'un voyage se fait, en partie, en voiture, et en partie, à pied, une bonne manière, c'est d'avoir un bonnet dans la voiture, et un chapeau ordinaire, se pliant en claque, qui n'embarrasse pas, dans un équipage, comme un chapeau ordinaire, et qu'on peut même mettre dans sa malle.

La *chaussure* est un des objets les plus importants en voyage; plusieurs personnes prétendent que les bas de soie sont ce qu'il y a de plus convenable pour les voyages à pieds; mais ils sont un peu coûteux, et on n'en vend pas partout. De bons bas de coton, soit entiers, soit en forme de chaussons, suivant l'habitude d'un chacun, sont encore ce qu'il y a de mieux. Ces bas étant un article peu cher, et se trouvant dans tous les lieux civilisés du globe, le voyageur peut partir de chez lui avec quelques paires seulement, et en acheter à mesure qu'il en a besoin.

Les *souliers* doivent être faits plutôt de cuir de buffle ou d'Amérique que de cuir de bœuf; car il y a une grande différence de consistance entre ces deux espèces de cuir. Dans les pays maritimes, le premier cuir est commun, tandis qu'il est rare ailleurs. Pour avoir de bons souliers, il faut les laisser sécher un mois ou six semaines avant de les employer. Les souliers doivent recouvrir la plus grande partie possible des pieds, et bien s'y adapter, sans les blesser aucuuement. Ils doivent avoir de fortes semelles avec des clous ou des vis. Pour gravir les hautes montagnes, les clous doivent être encore plus nombreux et surtout plus gros.

On peut même remplacer les crampons de fer des souliers de montagne par des semelles avec des vis à tête

carrée pyramidale, en acier, et de 8 à 9''' de longueur. Néanmoins, lorsqu'on a pour but de visiter beaucoup de glaciers et de hautes montagnes couvertes de neige, il est absolument nécessaire d'adopter tout-à-fait la chaussure des montagnards, parce que la neige ramollit trop vite les souliers ordinaires, et que les pierres les gâtent promptement en exposant le voyageur à avoir mal au pied, malheur pire en voyage géologique que la fièvre d'accès.

Les véritables *souliers des alpes* ont des semelles à clous de 6''' d'épaisseur; le long du devant du pied, le cuir du soulier est garni d'une autre bande de cuir qui a 1 1/2 pouce de hauteur, et qui est cousue à la semelle et au soulier. Cette dernière garniture amortit le choc des pieds contre les pierres.

Dans tous les voyages, il faut prendre au moins deux, si ce n'est plusieurs paires de souliers. Quant au *cirage des souliers*, pour les glaciers et le temps pluvieux, il vaut mieux les faire graisser que cirer.

Pour donner au pied un pas sûr et empêcher l'entrée des pierres, de la boue et de l'humidité dans les souliers, les *guêtres* paraissent l'habillement le plus convenable, d'autant plus qu'elles servent contre les intempéries du temps. Les guêtres en drap ou en étoffes moins chaudes m'ont paru préférables à celles en cuir, qui sont aptes à devenir facilement raides, et à se rapetisser après avoir été exposées à la pluie. Les guêtres de chasseur, montant très haut, ne m'ont pas paru présenter d'avantages pour les courses géologiques. Les sous-pieds doivent tenir aux guêtres au moyen de boucles plutôt que par des boutons ou des coutures.

Il y a cependant de grands marcheurs qui ne se servent pas de guêtres, mais alors, il faut avoir des souliers très couverts et fermés avec des boucles, ou bien des

espèces de bottines; car, sans cela, chaque ascension fait relâcher les cordons des souliers et arrête, en définitif, le voyageur.

Pour se garantir de la pluie et la neige, le meilleur préservatif est d'avoir avec soi un *parapluie de soie*, qui ne soit pas trop pesant, et qui puisse servir en même temps de bâton et de parasol.

Les *manteaux de toile cirée* ne sont supportables que lorsqu'on a la faculté de pouvoir les déposer dès que la pluie cesse; mais ils occasionent une telle chaleur, qu'à la longue, la transpiration vous mouille presque autant que la pluie l'aurait fait. Ayant un parapluie, je regarde aussi comme tout-à-fait inutile d'avoir une coiffe de taffetas ciré sur son chapeau, ce n'est qu'un embarras de plus.

La *couleur des vêtements* est une chose qui n'est point indifférente en voyage. D'après les lois physiques, si le voyage a lieu en été et en plaine, on devrait s'habiller tout en blanc, ou du moins en gris clair, pour avoir moins chaud et être moins défiguré par la poussière. Néanmoins, il m'a paru qu'il y avait un grand inconvénient à parcourir ainsi un pays dans un habillement insolite; le géologue, obligé de fureter dans tous les coins d'une contrée, doit moins que tout autre voyageur, se distinguer du reste des habitants. Ainsi, rien n'est plus capable de lui susciter des désagréments, ou du moins de le signaler comme étranger, qu'un habit et un pantalon de teintes très claires et d'une coupe singulière, ou des sarreaux blanchâtres avec des ceintures de cuir et des chapeaux de paille. Mon système est tout l'opposé; or, je crois que je puis parler par expérience.

Dans chaque pays, il faut, autant que possible, se vêtir à la mode de la contrée, ou du moins ne rien offrir d'étrange aux yeux des passants. Il vaut mieux se faire

faire ses habits à la coupe et avec les étoffes même du pays visité que d'y venir avec des habillements d'étoffes étrangères.

Le gris un peu foncé et le bleu sont des couleurs qu'on voit partout, et qui m'ont semblé, pour cela, préférables au brun ou au vert, surtout si ces dernières teintes sont claires. Quant au noir, il a l'inconvénient d'absorber trop les rayons du soleil.

Je puis ajouter que les *blouses* me paraissent, pour un géologue, un habillement incommode ou inutile, et, sans habit dessous, fort peu convenable pour la santé.

Pour les voyageurs à pied, il faut avoir un *havresac* en peau, avec une couverture de toile cirée ou garnie de poils, et à plusieurs compartiments. Mon habitude a été de mettre mon linge dans la saccoche, contre mon dos, et de réserver le compartiment extérieur pour les échantillons de roches. De plus, il est bon de faire pratiquer des poches sur les deux côtés, et surtout dans le couvert du havresac; on trouve ainsi à caser une foule de petits objets de toilette ou de voyages.

Pour porter le havresac, la meilleure méthode est celle des soldats; mais comme le géologue préfère souvent passer dans les auberges pour un chasseur que pour un artisan, on peut arranger les choses de manière à ce qu'on porte le havresac à volonté sur le dos, à la manière des soldats, ou en gibecière, à la manière des chasseurs. Il s'agit seulement d'ajouter à la gibecière du chasseur, une longue courroie à boucle, et une passe en cuir à chacun des coins inférieurs. La courroie à boucle s'insinue à travers les deux passes, de manière à ce que la boucle se trouve du côté où la courroie supérieure de la gibecière se termine sans boucle, et au contraire l'extrémité sans boucle correspond alors avec la courroie supérieure à boucle.

Il faut ajouter encore que les voyageurs allant à pied, qui ne font pas collection de roches, et qui savent se contenter du stricte nécessaire; peuvent fort bien se passer de havresac dans une bonne partie de l'Europe. On envoie sa malle en avant, et on n'emporte avec soi que deux chemises, quelques mouchoirs, et les autres petits objets nécessaires en route. C'est, en partie, la méthode de M. de Buch.

Les meilleures *malles* sont celles toutes en cuir; elles durent infiniment plus que celles où il entre du bois, témoin la mienne, qui me sert depuis plus de vingt ans. Il faut seulement avoir soin de les garantir par des cordes et des tampons de paille, des frictions qu'elles peuvent éprouver lorsqu'elles sont attachées sur des voitures.

Une bonne manière, agréable et peu coûteuse, de voyager en géologue, c'est d'avoir un *cheval* ou un *mulet*, qui porte, dans deux corbeilles, les hardes et les échantillons, et sur lequel on peut monter au besoin lorsqu'on est fatigué; mais il faut absolument y joindre un guide, car sans cela le soin du cheval empêche de faire des observations.

Si on *voyage en voiture*, il faut choisir des calèches basses et légères, ou, dans les montagnes, des chars à bancs, qu'on peut couvrir et découvrir à volonté. Dans l'Europe orientale, les voitures polonaises réunissant la longueur des chars à bancs à la commodité des calèches, sont des équipages d'autant plus convenables qu'on trouve à y placer beaucoup de choses et qu'on peut même y dormir. Or ce dernier point est important en Pologne, dans la Russie méridionale et la Turquie d'Europe, parce que hors des capitales et l'hospitalité des gens riches, les auberges n'y sont le plus souvent que de

méchants cabarets sans lits ou pleins de vermine, ou bien de véritables écuries. Les bois de lits simplement avec de la paille fraîche y sont déjà un luxe; aussi est-ce l'usage d'emporter avec soi une couverture de laine, un oreiller, et même un petit matelas, ainsi que quelques petits ustensiles de cuisine et des vivres, tels que des tablettes de bouillon, des viandes salées, du biscuit de mer, etc.

Les voyageurs, dans la Turquie asiatique, prennent de plus avec eux de petits lits en fer, qui sont légers, portatifs et aisés à démonter. Dans toutes ces contrées une peau de daim devient un excellent préservatif contre la vermine.

Dès qu'on doit voyager dans des pays peu civilisés, il vaut mieux avoir des voitures à essieux en bois qu'en fer; et, en général, elles doivent être d'un travail peu compliqué, afin de pouvoir les faire raccommoder partout. Dans ces voyages, pour les mêmes raisons, il est avantageux d'avoir des voitures non suspendues ou seulement à ressorts sur le derrière.

CHAPITRE IV.

Instruments supplémentaires pour les courses dans les hautes montagnes, pour la visite des cavernes. etc.

Un *bâton* de bois solide et léger, ayant six à sept pieds de long, et avec une pointe de fer, est un objet indispensable pour des excursions alpines. Il procure plus de sûreté dans la marche, et il sert à explorer la neige en même temps qu'il épargne au corps beaucoup de fatigue. Il faut seulement proportionner son épaisseur au poids du corps du voyageur. La pointe en fer doit être attachée par un cercle en fer, et doit pouvoir s'ôter aisément

pour qu'on n'aie pas l'ennui du charriage continuel de si longs bâtons.

Pour marcher avec pleine sécurité sur la neige et les glaciers, ou bien sur l'herbe, trop souvent glissante, par trop de sécheresse ou d'humidité, il faut employer des *crampons de montagne* (pl. III, fig. 23.).

Des bandelettes de fer, ayant la forme du talon, sont munies de trois pointes en fer, et des courroies à boucles servent à les tenir attachées aux souliers. Les chasseurs de chamois emploient d'autres espèces de crampons qui deviennent très incommodes et même dangereux sur des rochers.

En général, il faut faire bien attention à chaque pas qu'on fait avec les crampons pour ne pas rester arrêté dans des fentes, par des végétaux rampants, etc. Il faut, de plus, bien placer son pied avant de soulever l'autre, et décrire dans ce mouvement, une espèce de cercle avec le pied, afin de ne pas s'accrocher aux courroies ou aux fers. En passant alternativement d'un sol sec à un terrain humide, les courroies sont aptes à se relâcher, ce qui peut déranger la marche, et même occasioner des accidents.

Dans des expéditions sur des glaciers, et pour escalader des cîmes difficiles, ou descendre dans des cavernes, il faut emporter avec soi de longues *cordes*, et même des *échelles*, etc. Pour les glaciers, il faut avoir des *haches* pour se tailler des escaliers sur les pentes trop rapides, et des pêles, pour déblayer les neiges. Pour se préserver les yeux de la réflexion de la lumière sur les neiges, on emploie des lunettes vertes ou bleues, ou un voîle de crêpe noire.

S'il est bon d'emporter toujours en voyage une petite lunette pour pouvoir s'orienter, il est d'autant plus nécessaire d'avoir un bon *télescope acromatique* et porta-

tif, lorsqu'on monte sur des cîmes élevées. Le géologue tire souvent un grand profit de ces grandes vues de montagnes, sous forme de panoramas naturels.

Enfin, un *pied* ou une *toise* sert à mesurer l'épaisseur des couches, la dimension des cavernes, etc.

CHAPITRE V.

Passeports et renseignements à cet égard (1).

La formalité du *port d'un passeport* est une des plus désagréables pour le géologue-voyageur, parce que ses recherches l'obligent à parcourir les pays dans tous les sens, et que la division des continents par zones et bassins géologiques est rarement conforme à la division politique des états. En général, la régularité des passeports est en raison inverse de la probité des voyageurs, ou en d'autres termes, les passeports les mieux en règle sont en général ceux des gens qui sont les ennemis déclarés de la société; les personnes inoffensives, prenant le moins de soins de la régularité des visas de leurs passeports, sont celles qui ont le plus à souffrir des vexations produites par ces chiffons de papier. Toutes les polices du monde savent cela tout aussi bien que les douaniers connaissent les objets dont on fait la contrebande; mais c'est une routine malheureusement une fois établie dans la plupart des pays de l'Europe. Quelle que soit l'essence des gouvernements, les passeports semblent la pierre angu-

(1) Bien des gens regarderont ce chapitre comme un hors d'œuvre, mais les personnes qui me liront et voyageront, verront que les passeports sont devenus une partie si importante du bagage du voyageur qu'il était utile d'avoir ces instructions en poche.

laire de l'édifice de chaque police; et, ce qu'il y a de plus singulier, c'est que la police des passeports est en général moins sévère et surtout moins vexatoire pour les voyageurs dans les pays dits monarchiques que dans ceux où l'on se fait gloire, au moins sur le papier, d'une plus grande somme de liberté individuelle et d'égalité. Quant au luxe des employés griffonneurs de passeports et savants collecteurs de renseignements secrets et souvent faux, ainsi qu'au nombre des batteurs de grandes routes et des pavés des villes, la balance est décidément tout en faveur des pays dits constitutionnels, probablement trop heureux de payer leur plus grand somme de prétendu bien-être par des impôts plus forts que dans les contrées sans chambres ni comédies de tribunes.

Dans le monde civilisé, il n'y a plus que les Anglais, les Américains du Nord et les Hongrois qui ont le bon esprit de croire qu'on peut encore être en sûreté et voyager en sécurité chez eux sans avoir en poche son signalement. En Turquie il règne aussi une grande liberté à cet égard; cependant pour les voyages scientifiques, dans les pays mahométans, on se procure un firman dans le chef-lieu du gouvernement, afin de trouver partout des moyens de transport, des escortes, des logements, etc.

Une fois arrivés en Angleterre et les passeports déposés à l'endroit du débarquement, les étrangers entrent dans les mêmes droits que les régnicoles. Le même usage s'est transplanté aux États-Unis et dans les colonies anglaises, à l'exception de l'Indostan, dont l'accès n'est ouvert aux étrangers et même aux Anglais que par une permission de la monstrueuse Compagnie des Indes.

En Hongrie, au contraire, il n'y a que les habitants qui sont dispensés des formalités de passeports; ceux des étrangers sont généralement en latin, et si on part de Vienne,

ils sont délivrés par la chancellerie hongroise. Comme dans le reste de la monarchie autrichienne, on ne demande en Hongrie les passeports que dans les capitales, les forteresses et sur les frontières, de manière qu'un étranger peut parcourir presque toute la Hongrie sans avoir jamais besoin d'exhiber son passeport, s'il sait éviter le très petit nombre de lieux où on le demande.

Néanmoins il est bon d'avertir que, si les gendarmes sont inconnus dans ce royaume, comme dans le reste de l'Autriche, la curiosité des hôtes du voyageur peut pousser quelquefois à la demande du passeport, si par hasard du moins le maire ou juge est l'aubergiste du lieu, ou est présent à l'auberge. Dans ce dernier cas, en Hongrie on ne peut éviter l'exhibition de sa pancarte qu'en sachant bien imiter le rôle d'un noble Hongrois, ce qui oblige bientôt tout le monde au silence et au respect.

Dans le reste de l'Europe, le voyageur doit toujours avoir avec soi un passeport bien couvert de visas, et si le voyage doit être de quelque durée, il est bon de donner au passeport la forme d'un petit portefeuille, en y ajoutant un bon nombre de feuilles blanches, afin de pouvoir faire collection complète des signatures de tous les préposés de police. Les voyages les plus fructueux en ce genre sont ceux d'Italie vu le nombre des états divers et celui des grandes villes. La principauté de Modène se distingue par une rigueur très grande dans le port des passeports.

Dans toute l'Europe, on facilite assez la circulation dans l'intérieur de chaque état, si ce n'est pour les serfs attachés à la glèbe; mais on n'obtient pas partout aussi aisément les passeports pour aller d'un état dans un autre. Quelques pays, comme le royaume des Deux-Siciles, présentent ou présentaient l'anomalie de la nécessité

d'avoir différents passeports pour telle ou telle partie du royaume. Mettant de côté le cas du recrutement militaire, la *sortie des régnicoles d'un état où l'entrée d'étrangers dans un autre empire ont paru mériter des lois particulières.*

Les réglements les plus sévères à cet égard sont ceux de la Russie, de l'Autriche, de l'Espagne et de quelques états italiens. Pour sortir, on exige une demande spéciale, ou même, comme du temps de l'Empire, on ne reçoit de semblables pétitions qu'au centre du gouvernement. En Autriche et en Russie, il y a encore des réglements particuliers pour les familles nobles, les roturiers n'ont besoin que de pétitionner, tandis qu'un voyage à l'étranger exige pour les nobles des permis de ministres ou même de l'autocrate lui-même. Heureusement la plus grande partie de l'Europe se trouve déjà affranchie de ces entraves. Mais il y a encore des contrées où l'on cherche autant que possible à limiter les voyages ou à fixer un terme aux absences hors du pays ; ainsi un Autrichien, voyageant à l'étranger pour son plaisir, est obligé à une espèce d'impôt annuel particulier.

Dans certains états, quand un étranger veut sortir de leurs limites, seulement pendant quelques jours; et que ce détour n'a pas été prévu dans son passeport, on le force à aller chercher un visa dans la ville provinciale la plus voisine de la frontière, les buralistes établis dans ces derniers lieux n'ayant pas les pouvoirs nécessaires.

Quant à *l'entrée dans les divers états*, le visa d'un ambassadeur, ministre ou consul est absolument nécessaire pour entrer dans quelques-uns d'entre eux, comme par exemple en Russie et en Autriche. Quelquefois le consul n'a la permission que de viser jusqu'à la capitale de province la plus proche de la frontière du royaume qu'on veut parcourir. Dans ces derniers temps,

d'autres petits gouvernements ont cru leur sûreté compromise, s'ils n'adoptaient pas cette formalité de permis officiels, comme, par exemple, la Bavière, le royaume de Naples, etc. Il y a eu un temps où aucun étranger n'entrait en Russie sans en avoir préalablement obtenu la permission de Saint-Pétersbourg; cela équivalait à une quarantaine à la frontière.

Actuellement il est nécessaire, avant de commencer à faire de la géologie en Russie, de se faire délivrer, au chef-lieu de la province dans laquelle on entre, un permis ou visa à cet effet, afin de prévenir tout désagrément. D'ailleurs, dans cet empire, le meilleur parti est toujours d'aller à Saint-Pétersbourg pour s'y faire bien connaître et recommander convenablement, alors on n'a plus que des égards à attendre des employés en province, toujours prêts à montrer leur zèle pour les ordres du souverain. La géologie est du reste l'une des sciences, qui sont les plus encouragées en Russie. Pour les autres royaumes ou états, le visa d'un ambassadeur est toujours bon à prendre, quoiqu'on puisse s'en passer à la rigueur.

Comme en France on renchérit sur toute chose, on a aussi perfectionné le rouage des passeports. D'abord c'est, je crois, le seul pays où existe l'usage de substituer à la frontière une passe provisoire au passeport de l'étranger arrivant, ce qui exige une rétribution de deux francs. Puis on exige la légalisation du passeport par un agent accrédité du pays d'où est l'étranger. Enfin lorsqu'on veut sortir du royaume, et si on part malheureusement de Paris, le visa au ministère des affaires étrangères est de rigueur, et coûte dix francs plus la double course de cabriolet nécessaire pour la remise et la reprise de la précieuse griffe.

Pour s'affranchir de cette dernière singulière rede-

vance, l'étranger n'a qu'à faire viser son passeport pour les villes frontières, et une fois arrivé là, le visa pour la sortie est sans autre frais, si ce n'est dans certaines villes, comme à Marseille. Ainsi pour aller en Allemagne, il faut se faire viser pour Metz, Strasbourg ou Huningue; pour aller en Suisse, pour Besançon ou Gex; pour passer en Angleterre, pour Dieppe ou Calais, etc. Comme juste représaille, le gouvernement prussien fait payer à tous les Français, qui veulent entrer en Prusse dix francs pour le visa de passeport. Du reste, les visas, en général; ne coûtent rien; néanmoins il y a de petits états, tels que le Piémont, le gouvernement papal, etc., qui permettent à leurs chancelleries de frapper les voyageurs de légers impôts, probablement comme indemnités de frais de bureaux, de cire à cacheter etc.

Dans certains états, comme en Autriche, le visa pour aller à la capitale de l'empire ne s'accorde aux voyageurs dans l'empire que dans les chefs-lieux des provinces, ce qui force quelquefois à faire d'ennuyeux détours.

La *circulation dans les divers états* oblige le voyageurs à différentes précautions. En général, dans tous les bureaux de police, on est inclin à désigner la destination du voyageur d'une manière aussi laconique que possible; à entendre les employés, le laconisme serait même préférable à de longs détails. Or, il arrive maintes et maintes fois qu'en route, on rencontre des agens qui pensent tout autrement et qui ne permettent pas la moindre déviation de la ligne droite, c'est-à-dire qu'ils mettent obstacle complet au voyage des géologues.

Les *meilleurs passeports* pour ces derniers sont ceux qui permettent de parcourir un état où bon semblera au voyageur, et de franchir les frontières en tous sens. Mais de semblables papiers exigent des démarches par-

ticulières, et sont des espèces de faveurs qu'on n'aime guère à prodiguer. Il est même difficile quelquefois d'obtenir la permission de sortir d'un état par un point de la frontière et d'y rentrer par un autre sans avoir besoin de nouveaux visas ministériels; cependant la géologie de certaines contrées, comme celle des Alpes maritimes, du Vorarlberg, etc., ne peut pas avoir lieu sans cette liberté dans les mouvements.

J'engagerai donc de faire spécifier dans les passeports seulement les provinces qu'on veut parcourir ou les villes principales à travers lesquelles on devra probablement passer, afin de pouvoir, dans chacune de ces cités, trouver les moyens de faire des courses en zigzag par suite d'apostilles au passeport.

Dans les grands états d'Europe où il y a un corps régulier des mines, on fait quelquefois la faveur aux géologues de leur délivrer une lettre circulaire de recommandation pour tous les employés des mines.

En général, le passeport une fois en règle, la circulation dans les *états sans gendarmerie* est infiniment plus agréable que dans ceux où il y en a, car dans les premiers, comme en Autriche, on sait d'avance que la demande des passeports n'a lieu que dans les capitales de provinces, dans les forteresses et aux frontières, et on prend ses mesures en conséquence. Si même on veut s'épargner l'ennui des visas, ou qu'on connaisse dans tel ou tel lieu des commissaires très exigeants, on peut tourner, par une manœuvre habile, ces points d'arrêt pour le voyageur. Néanmoins il faut s'arranger de manière que l'itinéraire du passeport ne puisse faire douter qu'on a passé par tel ou tel lieu, sans requérir le visa, car dans certains cas, on a vu, par exemple, dans les états Sardes des voyageurs être obligés de rebrousser chemin pour

chercher leur visa, nouveau genre de punition dont nos ancêtres ne se doutaient guère.

Du reste les pays sans gendarmes et très sévères pour les visas dans certains lieux, sont ceux qu'il est le plus aisé de parcourir sans passeports, il s'agit seulement de savoir la langue et les usages du pays, et de voyager en homme comme il faut. Peu amateur de détours inutiles pour aller chercher des visas, j'ai été quelquefois dans ce cas, et ai même franchi diverses frontières, le plus lestement possible, ce qu'on ne peut guère empêcher dans les pays de montagnes.

Ensuite on a toujours la ressource de l'argent pour se débarrasser des rencontres inopportunes, il n'y a que celle de quelque employé supérieur de province, qui soit capable de faire découvrir la comédie, au cas que ces personnages soient curieux de leur naturel.

Dans les *pays à gendarmes* (la plupart des pays dits constitutionnels, la Suisse, etc.), les géologues-voyageurs comme bien d'autres, peuvent être exposés à des tribulations sans fin; mais c'est en France, en Piémont, dans la Prusse rhénane et dans quelques autres petits états, où elles sont les plus fortes. D'abord ces contrées ne jouissent pas toujours d'une tranquillité parfaite, un voyageur peut être pris au dépourvu, puisque les ordres peuvent changer d'un jour à l'autre. Puis on est à la discrétion de la curiosité plus ou moins grande d'un réseau de gens, en général, ignorants, qui parcourent journellement les principales routes. Si l'on ajoute à cela qu'on est sujet à être ramassé par les gardes champêtres et en France par les gardes-côtes, et amené souvent devant des maires de la plus grosse bêtise, on ne doit pas être étonné des aventures de passeport, dont se plaignent presque tous les géologues qui ont voyagé.

Ici c'est un savant prussien, arrêté dans ses recherches par un maudit gendarme de son propre pays; ailleurs ce sont des géologues pris pour des conscrits réfractaires, mis en prison et menés, enchaînés avec des voleurs, pour quelques visas négligés. Pris dans l'Entlibuch pour un vagabond, M. Hugi a reçu, pour réponses à ses doléances, les coups de bâton d'un grossier gendarme. Moi-même ce n'est qu'au péril d'être mis en prison, que j'ai pu examiner le dépôt de grès vert de la pointe de Fourras, en Saintonge, le garde-champêtre m'avait mis hors de la commune, par ordre du maire, parce que je m'étais écarté à une lieue de la grande route de La Rochelle à Rochefort et parce qu'on ne voulait pas que je visse les fortins situés sur les sommets des falaises. En tacticien habile je vis bien que l'or n'y ferait rien, et je tournai heureusement la position sous le nez de l'ennemi.

En Vivarais, le maire de Montpezat me fit arrêter, prenant mon baromètre pour un fusil, mes échantillons pour des cartouches et mon livre de notes pour des proclamations incendiaires. J'en fus quitte pour perdre mon guide, parce qu'il était sorti de son département sans passeport, autre vexation qui n'existe guère ailleurs, car tout homme conduisant son cheval ou sa voiture, est toujours censé devoir revenir chez lui.

Pour les rencontres de *gendarmes curieux* mal à propos, je ne connais de remède que la jovialité, l'abandon, il faut leur faire croire qu'on est du pays et leur offrir quelques pièces d'or, quand ils sont trop pressants. Les passeports sont une chose si facile à se procurer, bien des gens en ont plusieurs, de manière que le trop de rigueur, à cet égard, conduit à la fraude, aussi les fausses données abondent par cette voie de police, ce qui, du reste, est fort égal pour l'employé en exercice,

qui ne s'attache qu'à répondre à toutes les questions posées par ses chefs.

Dans certains pays (Suisse, Allemagne) et surtout ceux sans gendarmes, comme dans les États allemands et slaves de l'empire autrichien, on oblige les voyageurs à *inscrire leurs noms dans des registres tenus par les aubergistes des principales villes et bourgs*, et consultés soigneusement par la police. Les renseignements faux y abondent autant que les véritables, car lors même que l'aubergiste exige l'exhibition du passeport, ce qui ne se fait guère, il se contente du premier chiffon de papier qu'on lui présente, son métier étant, en général, de loger et non de perdre son temps à vérifier les signalements.

Quant aux questions bizarres contenues dans ces registres sur le but et le temps du voyage, le point de départ du voyageur, sa religion, son âge, etc., il est malheureux, en vérité, de songer qu'il y ait un assez bon nombre de nos semblables, qui passent leur vie à copier les réponses, le plus souvent évasives ou fausses, qu'on a fait à de pareilles questions. Cela peut tout au plus servir à signaler l'écriture de personnes suspectes; or, celles-là savent bien s'arranger de manière à ne pas faire voir de leur écriture ou à n'être pas reconnues.

Dans certaines villes d'Europe, on est tellement las d'examiner les passeports à l'entrée et à la sortie des cités, qu'on se contente de demander verbalement les noms des voyageurs, pour ne pas négliger tout-à-fait cette formalité. C'est une véritable comédie dont les acteurs ne rient pas moins que les assistants.

En Autriche, il existe encore un usage singulier, c'est d'avoir besoin d'un visa sur un papier particulier pour sortir de chaque capitale de province, on sent bien que ceux qui ne veulent pas s'astreindre à ce visa ou qui

n'ont pas le temps d'aller le chercher, sortent à pied de ces villes et ne se mettent en voitures que hors des portes.

Quant à la *qualité qu'on doit prendre sur son passeport*, les qualifications de négociant, de militaire et même de naturaliste, exposent à des ennuis soit aux douanes, soit dans certaines villes, tandis que c'est tout le contraire pour celles de banquier, de rentier, de propriétaire, de docteur, de professeur, etc. Les démêlés politiques de la France avec certains états ont fait que le Français, non recommandé par son gouvernement, est exposé plus aisément qu'un autre voyageur à des ennuis. Heureux les Français qui voyagent avec des passeports diplomatiques ou ministériels, les égards les attendent partout.

Enfin les *passeports périmés* sont un autre écueil qu'il faut soigneusement éviter, surtout dans les pays où une légalisation nouvelle n'équivaut pas à un renouvellement de passeport. Pour les voyageurs appartenant à de petits états et ne trouvant des agents que dans un petit nombre de grands centres de pouvoir, ces exigences absurdes sont de véritables fléaux pour les voyageurs, d'autant plus que c'est donner sans appel une puissance discrétionnaire énorme à des agents, souvent incapables de calculer les effets de leur stupidité.

CHAPITRE VI.

Règles de conduite à observer en voyage.

Je ne connais guère en Europe que l'Espagne, la Turquie, la Hongrie et une partie de la Russie où le *port d'armes* soit, si ce n'est nécessaire, du moins en usage. Cela paraît inspirer autant de respect que cela relève le caractère du voyageur aux yeux du vulgaire.

La *moustache* est naturellement de droit dans ces cas là, néanmoins en Russie il faut prendre garde, puisqu'il y a des réglements particuliers pour le port de la moustache. En Hongrie, les bottes à éperons et les moustaches sont l'accoutrement nécessaire des nobles ou de ceux qui veulent être pris pour tels, ce qui donne aux voyageurs certains priviléges, tels que de payer moins pour certains péages, d'être plus vite expédiés dans les octrois, etc. Dans le reste de l'Europe des moustaches sont la plus mauvaise recommandation, qu'un voyageur puisse se donner, parce qu'il peut être pris à tout instant pour un militaire, et soumis en cette qualité à des réglements particuliers pour les visas de passeport. Puis on peut le croire affilié à quelque secte politique ou tout au moins il peut se rendre risible.

En voyage, il faut une *tenue modeste* et *sans recherche*. Si l'on fait trop de dépenses ou si on a trop de luxe, on peut exciter la cupidité de ses hôtes, de ses guides, de ses domestiques, etc., et s'exposer à des dangers réels. Si l'on s'habille trop mal et si on voyage en dépensant trop peu d'argent, il peut arriver que, dans certains pays, on soit pris pour un artisan, mal reçu dans les auberges et vexé même par les polices locales. Dans ce dernier cas rien de mieux que de mettre promptement ses meilleurs habits et d'aller parler aux chefs de bureau, car en général les tribulations d'auberge et de police ne proviennent que des employés subordonnés, qui mesurent leurs égards à la qualité des habits et à la tenue du voyageur. Ce mode d'agir m'a une fois épargné une course de 400 lieues qu'un scribe de la police de Vérone voulait me faire faire pour renouveler un passeport périmé.

Le *port du marteau* peut faire passer le géologue pour un maçon ou un serrurier, et lui attirer

des injures de la part des artisans dont la profession peut être en guerre, pour le moment, avec une de celles auxquelles on paraît appartenir. Se donner le titre de mineur ou d'ingénieur des ponts et chaussées, est une chose utile, qui épargne au géologue-voyageur bien des questions oiseuses. Dans certains lieux il faut prendre garde d'être pris pour un ingénieur-géographe, car les personnes travaillant au cadastre ne sont pas bien vues partout.

Dans les pays peu civilisés les contes sur de prétendues recherches de métaux précieux, sur les démons, etc., sont des plaisanteries qu'un voyageur peut payer bien cher, témoin ce naturaliste tué en Sicile pour ses trésors en histoire naturelle, ce géologue poursuivi comme sorcier, à coup de pierres, dans le canton de Schwitz, etc.

Il *faut tâcher*, autant que possible, *de savoir la langue du pays qu'on visite*; si cela ajoute infiniment à l'agrément des voyages, on s'épargne beaucoup de vexations de différents genres. Parlant la langue des gens avec qui on a affaire et habillé à peu près comme eux, on a l'air d'être leur compatriote ou du moins il est facile de se faire passer pour être d'un pays très voisin, ce qui est encore un point assez essentiel pour la sécurité des voyageurs dans certaines parties de l'Europe, comme en Piémont, autour du lac de Côme, en Hongrie, etc. Le voyageur reconnu pour appartenir à une contrée très éloignée sera toujours plus exposé que celui qu'on croira de la contrée qu'il parcourt.

Les voyageurs qui ont le plus à supporter d'ennuis, sont ceux qui, comme certains Anglais, restent complètement étrangers aux usages du pays et sont presque impossibles à contenter; ceux-là sont rançonnés partout, ils rencontrent des obstacles à chaque pas et même ils peuvent courir des dangers réels.

Il faut savoir tirer des renseignements des habitants d'un pays sans avoir l'air de les questionner, parce que cela peut quelquefois faire passer un voyageur très innocent pour un espion ou pour tout autre chose qu'il n'est. Dans les pays arriérés, l'idée d'espion ou de sorcier est une des premières qui vienne aux ignorants, qui ne comprenent pas le but d'un géologue. On peut aussi y confondre ce dernier avec des ingénieurs-géographes envoyés par l'étranger pour faire des relevés. J'ai eu à souffrir moi-même de pareilles erreurs.

Dans les auberges ou dans les rencontres avec les habitants, il vaut mieux répondre habilement à trop de questions que d'en laisser quelques-unes sans réponses. En général la timidité ou la hauteur m'ont paru de bien mauvais passeports en voyage, où on vient en contact forcé avec tant d'espèces de gens.

Il faut s'arranger de manière à n'avoir jamais de trop fortes sommes sur soi : le papier monnaie est fort utile au voyageur, dans les pays où il existe. Il faut se défier des portes d'auberge, où la curiosité ou des motifs de police ne font pratiquer que trop souvent des trous pour observer le voyageur. Dans les pays à maisons en bois on peut s'attendre à ces espèces d'observatoires aussi bien sur les côtés de la chambre que dans le plancher et plafond. Les ceintures garnies d'or ou d'argent m'ont toujours paru un habillement bien plus propre à exciter la cupidité qu'à préserver le voyageur des voleurs.

Le plus souvent les vols des voyageurs ont lieu par leurs domestiques ou du moins par des renseignements obtenus de ces derniers. On ne saurait donc mettre trop de soin dans le choix d'un serviteur pour un voyage, il est peut-être plus sur d'avoir avec soi un étranger au pays qu'on visite qu'un régnicole, pourvu que la langue du pays lui soit connue. Néanmoins, bien des

voyageurs aimeront mieux avoir avec eux un homme du pays, qui puisse donner toujours tous les renseignements nécessaires.

Lorsqu'on est obligé d'avoir plusieurs domestiques, une précaution convenable, c'est de les choisir de divers pays, afin que leur intimité ne se trouve pas trop vite établie. Si on est obligé de prendre des domestique d'après des recommandations d'aubergistes, il est prudent, si c'est possible, de ne pas s'y fier long-temps et de les renouveler de temps à autres (1).

Dès qu'on a le moindre pressentiment d'un danger sur la route, il est utile de prendre des guides pour intimider les voleurs qui craignent toujours d'être reconnus.

Quoiqu'en général la remise des lettres de recommandation oblige le géologue-voyageur à des détours, qui n'aboutissent souvent qu'à lui faire perdre du temps précieux sans aucune utilité, il est bon de ne pas négliger ces visites chez les notabilités du pays. Quand on voyage dans un pays peu civilisé, c'est surtout une garantie de

---

(1) En 1826 je pris à Pest, à mon service, un pauvre noble de Transylvanie, il avait de bons papiers et avait bien servi des étrangers dans des voyages semblables à celui que j'allais faire. Je l'emmenai en Transylvanie, et me fiant à mon domestique, je pris là, sans renseignement, un Valache pour cocher. Quoique inconnu l'un à l'autre, ces deux individus résolurent, au bout de trois mois, de se délivrer de moi par un poison narcotique et, après plusieurs essais, ils y réussirent. Ils m'enlevèrent ma voiture, mes chevaux et tous mes effets, et ils m'abandonnèrent dans un état de léthargie, dans une auberge isolée, espérant que j'y périrais, mais heureusement le goût du poison m'avait empêché de prendre toute la dose qui m'était destinée. J'en suis revenu, les lâches ont été punis. Que ce récit serve d'exemple aux voyageurs.

plus grande sécurité, parce que cela relève le caractère du voyageur aux yeux des habitants et de ses domestiques.

Enfin il *faut éviter les auberges isolées.* Si l'on est obligé de séjourner dans quelque petit hameau, il est prudent de s'y montrer à plusieurs habitants, de visiter le maire ou le curé, afin d'inspirer du respect aux aubergistes. En voyage géologique, il faut s'enquérir toujours d'avance des premières auberges sur la route qu'on veut parcourir; si cela coûte un peu plus cher que de hanter de mauvais cabarets, ce surplus de dépense disparait complètement, comparé à la dépense totale du voyage, si du moins il est de quelque durée. D'ailleurs les auberges médiocres sont souvent aussi chères et plus chères que les premiers hôtels, et si un voyageur a besoin d'une nourriture substantielle, c'est bien le géologue, sans cesse en mouvement et sujet à des fatigues corporelles journalières. Si son corps n'est pas alimenté et reposé convenablement, son esprit s'en ressentira et, par contrecoup, ses observations seront moins exactes ou moins nombreuses.

Les *voyages à pieds sont ceux qui donnent le plus de liberté dans les mouvements, et conviennent le plus au géologue*, une fois sur le terrain qu'il veut parcourir. Néanmoins tout le monde n'en a pas les forces, et surtout ne peut pas porter soi-même ses effets; dans ce cas, on prend un cheval ou un mulet, ou bien on s'épargne des fatigues en allaut alternativement en voiture et à pied. Quant à ces voyages, que certains géologues se font un point d'honneur d'accomplir d'un bout à l'autre à pied, sans s'embarasser si le pays est intéressant ou non; je ne les ai jamais compris, et je les trouve tout aussi peu productifs pour la science, que l'escalade de certaines sommités au plus grand péril de sa vie. Il faut laisser ces tournées à ceux qui en ont le goût, mais pour la science

le temps perdu ainsi aurait pu être bien utilement employé ailleurs.

En général, on confond trop souvent les géologues avec les coureurs de montagnes, et on éloigne ainsi de l'étude géologique les personnes d'une constitution corporelle faible. Cependant nos recherches nous appellent tout autant et plus même dans les plaines et les pays de collines, que dans les hautes montagnes, et nous ne montons que rarement sur des pics extrêmement élevés. Le plus souvent les vallées nous en apprennent déjà assez sur la structure des montagnes, leurs couches étant en général fort inclinées et bien moins souvent horizontales.

On ne doit donc pas dire qu'une forte santé est une condition nécessaire à tout géologue ; d'autant plus que nos études sont variées. La paléontologie, l'examen des eaux minérales, les observations physiques et météorologiques, la minéralogie sont autant d'études individuelles ; tandis que la géologie proprement dite peut encore se diviser en recherches sur les terrains de plaines, sur les collines, sur les montagnes ou les chaînes élevées ; elle peut porter à des relevés locaux aussi bien qu'à des voyages entrepris dans le but de confirmer ou de rechercher telle ou telle théorie. Nos rangs sont donc ouverts à toutes les santés fortes ou débiles, comme à des fortunes très différentes.

Du reste la *marche à pied* est une chose à laquelle on peut s'habituer par la pratique ; on commence par de petites courses ou journées et on augmente successivement le nombre de lieues à parcourir. Vu l'air plus vif des montagnes, vu qu'alternativement différents muscles sont mis en jeu par les descentes et les montées ; la marche, dans ces dernières, est plus facile que dans les plaines, et le géologue fait aisément dans les montagnes ses six à huit lieues, et même davantage.

L'ascension des montagnes étant surtout pénible, il faut s'y accoutumer graduellement. Toutes les fois qu'on gravit une montagne, il faut aller lentement et faire plutôt des petits pas que des grands, afin que la circulation du sang ne soit pas trop accélérée et les muscles des jambes trop fatigués.

Il faut monter les pentes un peu raides en zigzag, et jamais tout droit; il faut se reposer de temps à autres et regarder les objets au-dessous de soi. Il faut savoir choisir, pour gravir une montagne, le côté occidental, qui reste dans l'ombre le matin, et redescendre sur le versant oriental.

Quand plusieurs montent ensemble des pentes couvertes de débris, il ne faut pas aller à la file les uns des autres, ni se trouver les uns au-dessus des autres, crainte de la chûte des blocs de pierres.

Si la vue des précipices a l'air de vouloir momentanément produire des vertiges, il faut aller s'asseoir et s'accoutumer ainsi à mesurer la hauteur où on se trouve.

Il y a encore quelques autres précautions à prendre pour visiter des glaciers et les montagnes couvertes de neiges. La neige trop dure est glissante, tandis que celle qui est molle est très favorable à l'ascension, en laissant enfoncer le pied. C'est souvent le seul moyen d'arriver au haut de certaines sommités, et une semblable marche est infiniment moins fatigante que de monter des pentes couvertes de débris roulants, et surtout de scories et de cendres volcaniques.

Quant aux glaciers qui sont en pente, il ne faut jamais s'y aventurer sans guide, il faut choisir le matin ou le soir pour les visiter et éviter la grande chaleur du jour, surtout quand ils sont couverts de neige fraichement tombée; cette dernière, facile à se ramollir, ne cache que trop souvent des crevasses meurtrières.

Ce n'est que des jeunes géologues qu'on peut attendre assez de force et d'enthousiasme pour des voyages faits sans porteurs. Il est même de fait qu'un géologue chargé d'un hâvresac ou d'une saccoche à échantillons est bien moins libre dans ses mouvements. Ainsi un porteur est presque une nécessité pour tout géologue qui entre prend un long voyage à pied et qui fait collection de roches. Or, il est bien plus agréable de *faire les voyages moitié à pied, moitié à cheval ou en voiture*, parce qu'alors on peut se charger soi-même des échantillons fournis par chaque course, pour s'en débarrasser à son retour au gîte et recommencer ainsi indéfiniment sans se fatiguer outre mesure.

Une bonne pratique d'hygiène m'a paru, dans les chaleurs d'été, de se faire arroser le soir ou le matin tout le corps avec de l'eau fraîche, bien entendu, lorsqu'on ne transpire plus. Cette douche m'a paru préférable à des bains de rivière, dont l'eau, le plus souvent trop chaude, est loin de donner du ton à la peau.

Des frictions d'eau-de-vie aux extrémités et surtout aux jointures sont une excellente chose, lorsqu'on est très fatigué.

En général, l'*usage des spiritueux est mauvais en voyage*, comme aussi de boire beaucoup à chaque instant; néanmoins, lorsqu'on a gravi de longues pentes et qu'on est exposé à faire des repas froids ou même à coucher dans des lieux peu chauds, une petite bouteille de spiritueux peut être très utile, d'autant plus que la liqueur sert à corriger la fadeur de certaines eaux. Quant aux bonnes eaux, on en peut boire modérément, même ayant très chaud, pourvu qu'on arrête pas brusquement la transpiration cutanée par la cessation de la marche, par l'entrée dans une caverne ou une mine très froide, par l'exposition à un vent perçant, etc.

Dans un voyage géologique, *il faut s'accoutumer à manger surtout le soir et le matin*, et à ne pas faire un repas copieux au milieu du jour, afin d'éviter une trop grande perte de temps. Il m'a paru toujours convenable de ne pas partir à jeun, d'abord, parce que les déjeûners, dans le cours de la matinée, obligent dans tous les cas à des arrêts et souvent à des détours pour gagner les auberges. Puis, on peut être obligé à se passer de déjeûner, le géologue ne peut jamais précisément savoir où ses recherches peuvent le porter, et quand il reviendra. Il s'agit donc de bien déjeûner en partant, dût-on même sortir de très bonne heure, et d'emporter avec soi, comme précaution, quelque petit morceau d'aliment pour le cas où la course se prolongerait trop tard. De cette manière, le géologue a la liberté entière d'agir et de profiter du beau temps trop souvent capricieux, aussi bien que des points intéressants qui se trouvent à sa portée.

Quant à ces voyageurs qui veulent fixer d'avance, non seulement les points d'arrêts de chaque journée, mais encore régler leurs mouvements pour tout un voyage, cela peut être fort méthodique, mais c'est impratiquable pour un géologue, qui cherche à utiliser autant que possible ses courses. Il faut, sans courir la poste, voir, dans le moins de temps possible, le plus de choses, mais, si une localité présente des faits qui peuvent conduire à des indications importantes pour la pratique ou la théorie, il faut savoir y consacrer tout le temps nécessaire sans s'inquiéter, si cela allongera ou raccourcira le reste du voyage.

Pour arrêter les *guides* ou les *conducteurs de voiture* ou *de mulets*, il faut prendre bien ses précautions pour n'être pas dupé. En Italie et surtout en Suisse, c'est un véritable commerce de courtiers, et les lois

permettent que les voyageurs passent de main en main, de manière qu'au bout du compte, ils sont souvent mal servis et même exposés à des dangers réels, les gens employés n'obtenant qu'une partie du salaire promis, le reste étant pour les entremetteurs.

J'ai eu aussi de semblables mésaventures çà et là en Allemagne, mais, dans les petits états du nord de cet empire, il se pratique sur les étrangers un autre genre d'escroquerie, savoir : de forcer les voyageurs à prendre tel ou tel cocher à tel ou tel prix, au moyen de témoins habilement introduits, sous divers prétextes, dans les lieux où se discutent de semblables arrangements. On a beau ensuite prétendre qu'on n'est pas convenu du prix, les témoins sont là, les conducteurs sont bourgeois de la ville, et, en cette qualité, la plainte du voyageur n'est plus une affaire de police, mais de cour correctionnelle. Il faudrait rester plusieurs jours dans une ville pour obtenir justice, et on est obligé de se laisser voler, comme cela m'est arrivé dans la première auberge de Hildesheim en Hanovre.

Les *guides* sont une chose absolument nécessaire dans les courses de hautes montagnes; cette petite dépense de plus épargne au voyageur des pertes de temps, lui procure souvent de précieux renseignements, et, en cas d'accident, il est toujours sûr d'être secouru. Il ne faut jamais négliger les avis des guides, comme, par exemple, ceux sur les lieux où les avalanches ou chutes de pierres sont fréquentes, sur l'approche d'un orage ou de brouillards, sur un chemin impraticable, etc.

Un guide peut porter environ quarante livres dans les montagnes. Néanmoins les bons guides sont une chose très rare, l'ennui les gagne bien vite dans les stations fréquentes qu'occasionent les observations, et la plupart sont toujours hors de portée quand on en a be-

soin, bienheureux si même ils s'embarrassent d'autre chose que d'aller aussi vite que possible d'un lieu à un autre, et d'attendre à l'auberge que le casseur de pierres arrive.

Je dirai donc, comme pour les domestiques, qu'un bon guide ne saurait trop se payer, mais que, hors le cas d'absolue nécessité, il faut tâcher autant que possible de se passer de ces ennuyeux compagnons qui, le plus souvent, sont à vous presser et obséder de questions.

Lorsqu'on est obligé d'en avoir, il faut faire attention qu'ils ne se débarrassent pas des échantillons de roches qu'on leur donne, car il est déjà arrivé à des géologues d'avoir à recommencer des excursions, parce que des guides avaient jeté à mesure tout ce qu'on leur avait donné à garder, ou avaient eu la bonhomie de ne remplir leur besace qu'avec les pierres prises à côté de l'auberge où se terminait la course.

D'autres voyageurs ont eu à souffrir de la gourmandise des guides qui ont dévoré leurs provisions, ou se sont engagés dans des détours pour faire des haltes fréquentes dans les cabarets. Quelquefois des voyageurs ont été abandonnés par leurs guides dans de mauvais pas ou à moitié chemin; aussi leur paiement ne doit jamais être fait d'avance, et si on est en pays peu civilisé, les armes et l'argent ne doivent pas leur être confiés.

Dans les pays despotiques où les serfs existent encore, il faut bien se garder d'avoir trop de familiarité ni avec les guides, ni avec ses domestiques; au lieu de vous en savoir gré, ces gens perdent le respect qu'ils doivent avoir. Ainsi les Anglais, les Français et les Allemands du Nord doivent oublier que chez eux, on traite les domestiques plus humainement, et substituer aux *vous* les épithètes *tu* et *il*, suivant l'esprit de la langue du pays qu'on visite.

Le prix des guides et des chevaux varie naturellement, relativement au pays parcouru; en Suisse, il est de 6 fr. par jour et non compris le retour et la nourriture, ce qui peut servir d'indications pour les pays moins visités, et par conséquent moins chers. Quant aux voitures, en Angleterre, et en France, on n'a guère que les diligences pour se faire transporter d'un lieu à un autre, car, en Angleterre, les courses en chaises de poste sont extrêmement chères; et en France, à part certaines lignes de voitures passables, on ne trouve à se procurer qu'à des prix élevés (18 à 24 fr. ou même 36 fr. par jour) de mauvaises carrioles, qui sont en disparat complet avec le reste de la civilisation du royaume.

Dans tout l'empire d'Allemagne et en Italie, s'il y a moins de diligences, le système des voiturins y est général et fort bien entendu. On trouve partout de bonnes voitures, coûtant, en Allemagne, de 18 à 20 francs par jour, et en Autriche de 12 à 15 francs; la poste y est meilleur marché qu'en France, et, à chaque relai, les maîtres de poste sont obligés de tenir, comme en Angleterre, des équipages pour l'usage des voyageurs.

En Russie, en Pologne, en Hongrie et en Turquie, il faut voyager avec sa voiture, ou à cheval; dans ces derniers pays, le géologue a même plus de liberté en ayant ses chevaux, la dépense n'étant pas considérable. En Hongrie, si on n'a pas ses chevaux, comme il y a peu de routes de poste, le géologue doit se procurer un ordre des gouvernements de comitats pour pouvoir avoir des chevaux dans chaque village de station, espèce de corvée seigneuriale assez mal payée.

Dans les états de Suède et en Russie, les voyages en voitures sont très peu coûteux. En Espagne et en Portugal, il n'y a que quelques lignes de diligences, et les routes autres que les grandes voies militaires ou com-

merciales, sont dans un état tel que les voyages s'y font à dos de mulets, comme aussi en Sicile, en Sardaigne, etc.

CHAPITRE VII.

Temps des voyages.

Le temps le plus propice pour les voyages géologiques, dans le nord de l'Europe, est l'été et l'automne; dans le milieu de l'Europe, on peut encore utiliser le printemps, si l'on ne veut pas parcourir les Hautes-Alpes; mais dans la plus graude partie des états méridionaux de l'Europe, les fièvres vernales et automnales, et les chaleurs de l'été, rendent l'hiver infiniment préférable pour les courses géologiques, surtout pour celles dans les pays maritimes, et en général, pour tout le pourtour de la Méditerranée.

Entre les tropiques, il faut surtout avoir soin de choisir la saison favorable; car, de tous les voyages, y compris ceux même d'histoire naturelle, ceux de géologie peuvent, par leur nature, devenir le plus facilement funestes à la santé de ceux qui les entreprennent. La raison en est toute simple, l'exposition au plus beau soleil étant le besoin du géologue, ses moyens d'observation augmentent proportionnellement à la quantité de lumière, or, dans ces pays, l'ardeur du soleil est ce qu'il faut le plus éviter.

Pour la visite des plus hautes sommités de l'Europe, il faut choisir les mois de juillet, août et septembre; aux Pyrénées, l'automne est souvent très beau, et plus favorable pour les courses de montagnes que les mois de juin et juillet, pendant lesquels il y pleut assez. Dans les Alpes, il n'y a rien de fixe à cet égard. En général, les excursions alpines sont celles qui produisent le plus de

mécomptes, ou qui exigent le plus de tact météorologique avant de les entreprendre. L'atmosphère est plus sujet à varier vers les sommités des aspérités du globe que dans les profondeurs de ses sillons; or, pour utiliser les voyages de montagnes, il faut un temps beau, clair et peu brumeux. La pluie et les brouillards mettent fin à toute recherche géologique.

Certains vents, certains nuages, l'ascension de ces derniers et des vapeurs, la disposition de certains brouillards, certaines cîmes se découvrant de nuages, les hauteurs couvertes de neige fraîche, un beau coucher du soleil, l'état de certains animaux, la hauteur du baromètre, et une foule d'autres apparences météorologiques, sont de précieuses indications pour la probabilité du beau temps; tandis que la pluie ou le mauvais temps s'annoncent par d'autres vents, par l'apparition de nuages, par des lignes de nuages floconneux le long des montagnes, par les mouvements de certains animaux, une sensation particulière d'humidité sur les peaux sensibles, etc. Si on néglige de faire attention à toutes ces circonstances, et qu'on ne suive pas les avis des habitants, on peut s'exposer à des fatigues inutiles, et même risquer quelquefois sa vie dans les grandes hauteurs.

CHAPITRE VIII.

Choix des pays à parcourir.

Le choix du pays à visiter doit dépendre de la portée du voyageur, et, à part la fortune, il variera suivant que le géologue cherchera à s'instruire, à prendre une idée générale d'une contrée, à faire des coupes, des descriptions locales ou des relevés complets.

Pour les commençants, il faut étudier des *contrées*

classiques, c'est-à-dire bien décrites, et renfermant sur le moindre espace possible, un bon nombre de formations dont les rapports soient faciles à saisir. Ainsi, en Europe, les *terrains anciens stratifiés* et *non stratifiés* s'étudient plus aisément dans les falaises et les vallées dénudées de l'Écosse, de la Scandinavie ou du Cornouailles que dans la partie centrale de la France et de l'Europe (Bohême et Saxe). La *grauwacke* et les *schistes intermédiaires* sont mieux exposés dans le Cornouailles, le pays de Galles ou sur les côtes de la Bretagne que dans le Harz. Le *grès pourpré* et le *calcaire de montagne* ou carbonifère, doivent être vus d'abord en Angleterre. Le pays de Mansfeld et la Saxe sont plus propres à donner une idée de la succession des *dépôts secondaires anciens* que la France. L'Angleterre, les côtes de la Normandie, de la Picardie et de la Saintonge peuvent servir de type pour l'étude des *terrains secondaires supérieurs*, de l'Europe septentrionale. Le *sol tertiaire parisien* est plutôt à voir autour de cette capitale qu'ailleurs, tandis que les *faluns* sont en Touraine, à Bordeaux et à Dax.

Quant à la *géologie méditerranéenne et alpine*, les points classiques de ce type particulier sont pour les *blocs erratiques*, la vallée du Leman, où leur origine est bien plus évidente que dans l'Europe septentrionale; pour les *terrains récents*, les *collines subappennines*, en particulier, la Toscane. Le *système crétacé* et *jurassique* a ses points classiques dans certaines vallées des Pyrénées (Gavarnie), des Alpes du Salzbourg (vallée de la Salza), de la Carinthie (vallées de l'Isonzo et de Windisch-Kappel). Les masses arenacées de ces systèmes sont surtout extrêmement développées dans la partie septentrionale des Apennins et des Carpathes. Le Dauphiné et la Savoie sont aussi classiques pour ce qu'on appelle *le lias* des Alpes, que le Tyrol méridional et les bords du lac de

Lugano pour les *dolomies*. Pour les *roches secondaires plus anciennes*, certaines parties du département du Lot et des Cévennes (département de l'Aveiron et du Gard), le Tyrol méridional et le Vicentin offrent des points où l'instruction se trouve aisément.

Quant aux *roches plus ou moins cristallines*, la chaîne du Mont-Blanc, le Saint-Gothard, les montagnes des Grisons et de la Valteline sont les endroits où le commençant doit tâcher de s'initier à ces mystères de transmutation et de soulèvement, dont la géologie moderne a pu seule donner la clef.

L'Auvergne est classique pour les *volcans éteints*, les *domites* et surtout les *coulées basaltiques*; le Vélay pour les *phonolites en montagnes* et *coulées*; l'Eifel pour les *mares* et les *altérations de roches par le feu volcanique récent*.

Le *système trachytique* se trouve complétement développé autour de Schemnitz, en Hongrie, et y est plus aisément compris qu'en visitant le Mont-Dore, les Sept-Montagnes sur le Rhin ou le cap de Gates.

Les *Perlites* de Hongrie et les *obsidiennes* et les *ponces* des îles de Lipari sont trop connues pour m'y arrêter.

Les *rapports des porphyres pyroxéniques et des roches granitoïdes tertiaires avec les dépôts secondaires* ont donné une véritable célébrité à Predazzo, dans la vallée de l'Avisio en Tyrol, tandis que le Vicentin offre toutes les formes désirables des *filons* et des *culots de roches pyroxéniques* et *basaltiques au milieu de terrains secondaires et tertiaires*, ainsi que les diverses *altérations* qu'elles ont produites. Sous ce dernier rapport, la Hesse électorale et le duché de Saxe-Meiningen est aussi classique.

Si rien n'approche, en Europe, de la grandeur des *nappes basaltiques* bien conservées de la Chaussée des

Géants, en Irlande, quelques îles écossaises sont fameuses par leurs filons de roches feldspathiques, telles que les îles d'Arran et de Skye. Les *roches hypersténiques* s'étudient à l'île de Canna, en Écosse, ou dans la Norwège méridionale ; les *pyroxènes en roche*, au col de Lherz, dans les Pyrénées, ou à l'île de Rum, en Écosse ; les *diorites*, au milieu des dépôts intermédiaires et secondaires aux Pyrénées et en Bretagne, plutôt que dans les Carpathes ; les *diorites dans les schistes cristallins*, en Norwège ; les *serpentines* dans la Ligurie et la Toscane plutôt qu'au mont Viso ou au mont Rose.

Les *porphyres* sont bien exposés dans le Mansfeld, dans certains points des montagnes de l'Erzgebirge, et surtout dans l'ancien Palatinat du Rhin. Les *porphyres siénitiques*, en grande partie aurifères, n'existent en Europe, qu'en Hongrie, en Transylvanie et dans l'Oural. Enfin, les éruptions de *granite* et de *siénite* doivent s'étudier dans certains points des Pyrénées (Cierp), en Écosse (Arran, Garvie-More), dans le Cornouailles et la Bretagne, et, hors de l'Europe, dans l'Altai, dans certains points des Alleghany et de l'Indostan.

Les *réseaux de filons métallifères* ont leurs terrains classiques, pour l'or dans les schistes, en Autriche ; pour l'or dans le porphyre, en Hongrie ; pour l'argent, en Suède et en Saxe ; pour le cuivre, en Cornouailles ; pour l'étain, en Saxe et dans le Cornouailles ; pour le plomb dans le calcaire ancien, en Angleterre, et dans le calcaire secondaire, à Bleiberg et en Estramadure ; pour le zinc, dans le Limbourg et divers points des Alpes.

Quant aux *amas* et *nids métalliques*, on peut citer pour l'or et le platine, les diorites et les serpentines de l'Oural ; pour le cuivre pyriteux, la Suède, et Agordo, en Italie ; pour le cobalt, la Suède ; pour le fer oxidulé, la Suède et la Laponie ; pour le fer oligiste, l'île d'Elbe ;

pour le fer spathique, la Styrie; pour le fer carbonaté, les houillères de la Grande-Bretagne; pour les houilles, l'Angleterre, la Belgique, l'Auvergne, la Westphalie; pour les lignites, la Hesse (Mt Meissner), la haute Autriche (Wolfsegg), le canton de Zurich (Kussnach), etc.; pour l'ambre, les bords de la Baltique, en Poméranie, les environs de Léopold, en Gallicie.

L'or alluvial ne se récolte guère régulièrement en Europe qu'en Transylvanie et en Russie; les diamants n'y existent que dans l'Oural; les zircons dans le Velay, le Vicentin, la Norwège et l'Écosse; les corindons dans les Alpes de la Lombardie et du Tessin. Le soufre s'y exploite à Radeboy, en Croatie, à Singaglia, en Italie, en Sicile et dans certains volcans italiens; l'alunite à Munkacs en Hongrie et à la Tolfa, près de Rome. Les pyrites sont employées à la fabrication de sulfates divers dans un bon nombre d'endroits, comme en Wurtemberg, où on les tire du muschelkalk supérieur; à Zoviniaco en Istrie, où on les extrait des calcaires crayeux; à Bouxviller, en Alsace et ailleurs, dans le nord de la France ainsi qu'en Allemagne, où on emploie à cet effet des lignites tertiaires pyriteux. La magnésite et l'émeri proviennent des états turcs. Les gypses et les marbres se trouvent dans la plupart des pays; il n'en est pas ainsi des pierres meulières, dont les meilleures sont dans le bassin de Paris.

Enfin, l'étude des eaux minérales acidules et salines se fait plus aisément sur les bords du Rhin et en Bohême; celle des eaux thermales sulfureuses, aux Pyrénées, etc.

Les géologues qui veulent apprendre à connaître un pays par de simples *coupes transversales*, choisissent les contrées propres à ce mode de faire de la géologie. Ils se guident, en général, d'après la direction, la quantité et la grandeur des chaînes aussi bien que des vallées. Ainsi les Alpes, les Pyrénées, et en général les plus hautes

chaînes, sont très favorablement disposées pour des coupes, tandis qu'il en est souvent autrement pour les chaînes d'une médiocre élévation.

Les personnes qui veulent faire des *relevés locaux* ou *généraux*, ont à choisir entre des contrées inconnues ou connues; s'ils mettront infiniment plus de temps à faire la géologie des premières que des secondes, ces dernières exigeront un soin tout particulier, à moins qu'ils ne veulent que publier des lieux communs. Cette dernière espèce de géologie demande une grande patience, mais conduit aussi aux meilleurs résultats; aucun détail n'est négligé, aucune étude géologique oubliée, le pays est considéré dans toutes les phases de configuration et de nature organique et inorganique par lesquelles il a passé. Nous avons en ce genre des modèles parmi certaines monographies locales publiées soit en Angleterre (1), soit en Allemagne (2) et en France (3).

Les géoloques qui cherchent à avancer la science, en *visitant des pays inconnus* ou en voyageant pour rectifier *des classifications géologiques des terrains* ou *confirmer des théories*, ceux-là doivent voir les lacunes qui existent à cet égard dans les ouvrages existants, et partir alors avec des idées arrêtées sur les principaux points qu'ils examineront particulièrement. Ainsi, en Europe, la géologie alpine et méditerranéenne est infiniment moins avancée que celle du nord de ce continent. A l'exception de l'Italie, tout le pourtour de la Méditerranée a

---

(1) Voyez l'ouvrage de M. Philipps, sur le Yorkshire, 1829.

(2) Voyez les ouvrages de M. d'Alberti sur le Wurtemberg, et la *Gæa Heidelbergensis* de M. Bronn, 1830, etc.

(3) Voyez l'ouvrage de M. Passy, sur la Seine-Inférieure, 1832, celui de M. de Caumont sur le Calvados, 1828, celui de M. Bertrand de Doué sur le Velay, 1824.

été visité encore très peu; il en est de même de la Russie.

Sortant d'Europe, l'*Afrique* n'a été examinée géologiquement qu'en Égypte, à Alger, au Sénégal, à l'entrée du Zaïre et au Cap de Bonne-Espérance. Les îles sur la côte occidentale de l'Afrique sont mieux connues; mais sur la côte opposée les îles de Bourbon et de Maurice sont les seules décrites.

En *Asie*, l'Indoustan, la Sibérie, le Kamtchatka, le Caucase et la Syrie sont les seuls pays, qui ayent fourni quelques descriptions locales; sur le reste, on n'a encore que des notions vagues. L'Archipel indien nous est encore presque entièrement inconnu, à l'exception des îles de Ceilan, de Batavia, de Sumatra, de Banca, de Barren et de quelques autres très petits ilots.

Sur l'*Océanie*, nous n'avons reçu des renseignements assez circonstanciés que sur certaines petites parties des côtes de la Nouvelle-Hollande, sur la terre de Van-Diemen, sur l'île d'Otahiti, les îles Sandwich, etc.

Dans l'*Amérique* septentrionale, les terres polaires ont été examinées; les États-Unis et le Canada ont été relevés en grand, et plusieurs provinces ont été décrites avec soin. On peut en dire presqu'autant de la partie centrale du Mexique. Nous avons acquis aussi des notions précieuses sur l'Amérique méridionale, surtout sur le Brésil, et des données plus générales sur les diverses républiques de ce vaste continent, ainsi que sur la nature de son extrémité australe et ses îles.

Plusieurs des *Antilles* ont fait le sujet de monographies, telles que la Guadeloupe, la Martinique, la Barbade, l'île d'Antigoa, une portion de la Jamaïque.

Maintenant nous restreignant à l'*Europe*, je dirai au géologue, non pas seulement d'aller visiter le midi, mais encore je lui signalerai, comme chaînes particulièrement intéressantes, certaines montagnes d'Espagne,

les Balkans, les Alpes maritimes, les Alpes de la Savoie et de la Suisse, surtout les Grisons, les Alpes du pays entre les lacs de Côme et de Garde, les montagnes de la Carniole, de la Croatie et de la Slavonie, etc.

Quant aux contrées peu ou mal décrites en Europe, j'indiquerai en Ecosse, les environs d'Edimbourg, et en général le bassin du Forth et de la Clyde, et certaines Hébrides; en Angleterre, le terrain schisteux ancien, surtout le Cumberland et le Pays de Galles; en France, le Forez, la Lorèze, les Cévennes, la Provence; en Italie, le Piémont, les Appennins des États du pape et du royaume de Naples; en Autriche, le Tyrol septentrional, la Carniole, la Croatie, la Slavonie, la Transylvanie, la Moravie supérieure; en Allemagne, le Fichtelgebirge, l'ancien Palatinat du Rhin; en Scandinavie, les régions de porphyre et de diorite; en Russie, la petite chaîne du Donetz, la région Caucasique, celle de l'Asie mineure, etc.

CHAPITRE IX.

Indications pour se guider dans le choix des lieux les plus propres aux observations géologiques.

Le meilleur moyen pour s'orienter dans un pays est de monter sur un lieu élevé, et de suivre sur une bonne carte le détail de l'orographie et de la configuration du pays. On en apprend ainsi en peu d'instants plus qu'on n'en aurait su après la lecture des descriptions. D'ailleurs, les cartes sont en général si fautives qu'il est toujours bon de comparer le tracé du terrain avec la nature elle-même.

Dans un pays de plaine, les clochers, les tours, les toits des maisons élevées, les remparts des villes, sont de bons observatoires.

Si le pays a des montagnes de médiocre élévation, on choisit pour ces *vues de panoramas* les cîmes les plus élevées, mais si les chaînes sont considérables et garnies de très hautes sommités, il vaut mieux les étudier depuis quelques points isolés, élevés et situés sur leurs flancs que de choisir à cet effet le milieu des chaînes. En effet, les objets perdent beaucoup de leur netteté à mesure qu'on augmente la distance d'où on les regarde; les différences entre les montagnes s'évanouissent à mesure qu'on les considère d'un point plus élevé, et même vues à l'œil nu les montagnes et les vallées se confondent insensiblement.

Si, au contraire, on se place sur le bord d'une chaîne, comme, par exemple, sur le Môle en Savoie, sur le Rigi en Suisse, sur le Mont-Baldo en Tyrol, sur le Terglou en Carinthie, sur le Pic du Midi à Barréges, sur le mont Babia-Gora dans les Carpathes, etc., on distingue d'un coup d'œil les masses dont se compose au moins un côté d'une chaîne, et on a encore l'avantage de saisir ses liaisons avec le pays de collines et de plaines qu'elle domine.

Dans ce dernier cas, on trouve presque toujours à faire les distinctions naturelles suivantes, qui faisaient la base de la géologie du siècle passé, savoir : celles du pays plat, des collines, des contreforts d'une chaîne (*Vorgebirge*), de sa plus grande masse (*Mittelgebirge*), et de sa crête ou son axe central (*Hochgebirge*), dernière partie où se trouvent à l'ordinaire les sommités les plus élevées.

Les *collines* se détachent du pays plat sous forme de très longues hauteurs à pentes fort douces, tantôt à plateaux, tantôt à dos très arrondi avec une quantité de petites vallées, dont le plus grand nombre sont peu profondes, tandis que leurs fonds, place ordinaire des rivières, se laissent poursuivre comme des sillons argen-

tés à travers les différentes lignes, que forme à l'horizon le paysage de la plaine.

Les *contreforts*, espèces de promontoires des îles anciennes, ont des formes déjà beaucoup plus prononcées, des pentes plus fortes, des crêtes allongées se lient quelquefois aux montagnes de la chaîne, ou paraissent du moins de loin dans un rapport semblable. Le plus souvent, des vallées longitudinales plus ou moins marquées les séparent des chaînes, et de profondes vallées transversales les sillonnent.

Les *montagnes* du corps même d'une chaîne sont indiquées à l'ordinaire par des sommités isolées et de formes diverses, suivant la nature des roches, par des pentes accidentées, par de grands escarpements épars çà et là et de profondes anfractuosités.

Enfin dans les *crêtes centrales*, ces derniers caractères sont encore plus marqués; c'est la place des pics bizarrement déchiquetés, des masses colossales, des glaciers, des neiges, des immenses et étroites crevasses, etc. Néanmoins, il peut arriver aussi que la nature des dépôts et des soulèvements donne à l'axe central géologique d'une chaîne des contours plus doux qu'à ses flancs. Ainsi, par exemple, la chaîne centrale primaire de Carinthie et de Styrie forme un contraste frappant par ses montagnes peu pointues, ses pentes couvertes de verdure et de forêts avec les chaînes latérales calcaires, qui ont des arêtes découpées et nues, d'effroyables escarpements et des sommets quelquefois plus élevés que ceux du sol primaire central.

En prenant ainsi à vue d'oiseau un aperçu d'une contrée, il faut prendre garde de ne pas se laisser tromper par la *perspective*; des objets très éloignés peuvent sembler beaucoup plus rapprochés, d'autres se confondent ensemble, des chaînes séparées paraissent réunies, des

collines se fondent dans le pays plat qu'elles dominent, etc. En général, il est très difficile de juger bien de la distance des objets depuis un point élevé, la transparence différente de l'air, l'état de ses vapeurs, la quantité de lumière, le phénomène du mirage, la position de l'observateur, la nature de ses yeux, etc., sont autant de circonstances qui font varier de semblables appréciations. De là vient que les voyageurs ont souvent à entendre des rapports contradictoires sur la possibilité de voir tel ou tel point ou telle ou telle montagne depuis certains lieux. L'incrédulité, dans ce cas, est aussi peu logique que la confiance trop facilement accordée.

Lorsqu'on a pris une idée d'une plaine, d'un groupe de hauteurs ou d'une chaîne, la première étude à faire est de *parcourir la vallée principale* ou *les vallées principales*; car on y trouve à l'ordinaire les affleurements des terrains principaux du sol de la contrée, ou du moins une espèce de guide pour arriver à cette connaissance. Cependant, il s'agit d'abord d'établir une distinction entre les *vallées longitudinales* et celles qui sont *transversales*; s'il faut examiner toutes les deux, il suffit, le plus souvent, de parcourir une vallée longitudinale, tandis qu'on ne saurait voir trop de vallées transversales. Les premières sont souvent trop larges pour être aisément étudiées, puis on n'y observe, tout au plus, que deux dépôts formant chacun une des parois du sillon, tandis que les autres vallées sont des coupes que la nature semble avoir pris la peine de façonner exprès pour le géologue. Or, parmi ces dernières, les renseignements et le tact doivent lui indiquer les sillons les plus étroits, les moins couverts de débris ou de végétation, ou les plus dénudés. Les vallons arrosés par des torrents impétueux ou ayant une forte pente, seront donc préféra-

bles à d'autres, à moins qu'ils ne soient que des crevasses inaccessibles pour l'homme.

Les *gorges de montagnes*, les *ravins* et les *chemins creux* sont d'autres localités souvent fort instructives, surtout lorsque ces cavités ont été balayées par la pluie ou la fonte des neiges.

Les *rivages rocailleux*, et les *falaises des mers* et *les lacs* sont des points à l'ordinaire très favorables à l'observation, à cause de l'étendue des masses bien exposées, peu couvertes de débris et abordables : aussi, les profils les plus complets que possède la géologie ont été pris sur des falaises. Ailleurs, ce sont plutôt des terrains qu'on a pu étudier individuellement dans des vallées, des gorges, etc., où, à force de peine, on a pu raccorder tant bien que mal les divers terrains dont se composent certaines vallées, tandis que sur les rivages, on a pu suivre pas à pas tous les détails d'une succession de terrains. C'est à ce genre d'accidents qu'en particulier, la géologie des îles britanniques doit d'avoir avancé si rapidement.

Dans l'examen des *rivages de la mer*, il y a encore à remarquer que les moments les plus favorables sont ceux des grandes marées et des tempêtes extraordinaires. En effet, plus l'eau est agitée profondément, plus on peut espérer qu'elle rejettera sur le rivage des débris des roches formant le fond de son bassin à quelque distance de la terre. Plus le retrait de la mer est grand, plus loin on peut poursuivre dans son sein les couches qu'elle nous cache ordinairement, aussi a-t-on fait plus d'une fois la découverte de faits intéressants. Certaines forêts sous-marines, comme celle de Morlaix, ont été vues de cette manière ; le dépôt si curieux du grès vert à lignite et fucoïdes de l'île d'Aix, n'est bien visible que dans les grandes marées du printemps, etc.

Les *escarpements le long des fleuves et des rivières* sont surtout importants, en ce que certaines chaînes se trouvent coupées entièrement par des cours d'eau situés dans des crevasses. Ainsi, on a l'espoir d'y voir affleurer des dépôts, qui ne se voient pas à la surface de la chaîne, soit qu'ils soient plus anciens, soit que ce soient des effets d'injection ou d'altération plutonique. Néanmoins, les rochers sur le bord des rivières n'occupent jamais des espaces très considérables ; ils bordent bien plutôt des fentes ou des défilés séparant des bassins plus ou moins grands, de manière à diviser la vallée en plusieurs étages, et à rendre la tâche du géologue épineuse, lorsqu'il veut rattacher une dénudation à l'autre. Or cette difficulté augmente en raison de la grandeur et la longueur des vallées, tout y restant d'ailleurs en proportion. Pour cela, on peut dire que les vallées d'écartement peu étendues sont bien plus aisées à étudier, et même plus positivement instructives que les grandes vallées où l'érosion des eaux a joué un rôle considérable, c'est, du moins, par les premières qu'il faut commencer pour savoir déchiffrer la géologie plus hiéroglyphique des dernières.

Cela va sans dire qu'il faut choisir les temps de grandes sécheresses pour pouvoir examiner, bien comme il faut, les bords des torrents et des rivières ; certaines localités intéressantes sont seules abordables à ces époques, comme, par exemple, les coupes derrière Châtel-Saint-Denis, au pied du Molesson, dans le pays de Fribourg, etc.

Une donnée importante, fournie par tous les cours d'eau, est celle offerte par les *cailloux roulés*, dont la nature diverse indique, en général, la composition des bords des bassins des rivières. L'aspect étranger de certains débris a conduit ainsi très souvent aux découvertes

les plus importantes en géologie théorique et pratique. Dans ce cas, on remonte le cours d'eau jusqu'au point où les cailloux insolites disparaissent; à l'ordinaire, leur nombre augmente à mesure qu'on monte, puis on ne les trouve plus que sur des branches du torrent ou de la rivière; enfiu, ils deviennent très gros, ils sont moins arrondis, et alors on est sûr de n'être pas loin de leur gisement.

D'un autre côté, mille erreurs ont été le résultat de conclusions trop rapidement tirées de l'examen superficiel des cailloux des rivières comme de ceux des rivages. Si on ne doit jamais rien décider sur un très petit nombre de cailloux, il est important, avant tout, de s'informer si les cailloux ne se trouvent qu'accidentellement par la main des hommes dans le lieu où on les voit. Cette méprise a eu lieu surtout près des grands centres de civilisation anciens ou modernes, et sur les bords de la mer ou à l'embouchure des fleuves, où les marins ont déposé, à diverses époques, et déposent encore le lest de leur bâtiment.

Ensuite, écartant même ce sujet d'erreur, les cailloux des rivières et des plages marines proviennent souvent, non pas de roches en place, mais des débris roulés, empâtés dans des agrégats de différentes formations géologiques. Ainsi, avant de perdre son temps à suivre des trainées de débris pareils, il faut connaître toutes les roches du bassin où on se trouve. Ceci est d'autant plus nécessaire que les parties constituantes des roches agrégées ne sont pas toujours également réparties, et que quelques débris peuvent bien n'y exister que dans certaines couches, ou même dans certaines parties de ces dernières. Or, supposant celles-ci détruites ou cachées à la vue du géologue, et seulement des fragments isolés visibles, ce sera un problême insoluble ou pou-

vant conduire aux suppositions les plus absurdes. Dans ce cas sont, par exemple, dans les Alpes, certains blocs primaires ou cristallins isolés dans des ravins de montagnes de grès vert, comme à Gurnigel, dans le canton de Berne, au mont Bolgen, dans l'Allgau, en Bavière, etc.

Enfin, on peut aisément confondre avec les cailloux roulés des rivières, des blocs erratiques venus de très loin, par des débâcles produites par des soulèvements, des ruptures de digues, etc. De pareils blocs sont souvent repris par les eaux fluviatiles, divisés, arrondis et mêlés avec les roches de la contrée où l'on habite, comme cela arrive, par exemple, à Paris.

Les *éboulis de rochers*, les *glissements* ou *affaissements de terrain* et les *moraines* des glaciers sont d'autres points qui doivent fixer l'attention du géologue. Les éboulis de rochers en particulier, mettent quelquefois à nu des druses ou du moins des gîtes de beaux minéraux. Si ces minéraux sont empâtés dans de la chaux carbonatée, comme cela a lieu pour certains d'entre eux dans le sol schisteux cristallin, on ne peut les dégager qu'en les plongeant dans l'acide nitrique étendu d'eau. Beaucoup de minéraux de Suède sont dans ce cas, et donnent ainsi de très beaux groupes de cristaux.

Les *moraines* étant les dépôts des rivages des glaciers pendant différentes années, et provenant des roches poussées par la glace dans sa descente vers les vallées, leur étude peut donner d'utiles renseignements sur les rochers et les cîmes, souvent inaccessibles, qui entourent les champs de glaces. Il en est de même des pierres amenées au jour par les eaux, qui s'échappent du pied des glaciers.

A défaut d'autres données, on peut utiliser les *rochers nus* ou *les sommités* escarpées dans les montagnes couvertes ailleurs de trop d'alluvion ou de terre végétale.

Dans les plaines, et surtout pour des dépôts coquillers, il est bon d'examiner les *champs très pierreux* ou fraîchement labourés, ou bien les tas de pierres rejetés de pareils terrains. La *chute des trombes* et les *pluies extraordinaires* dénudent quelquefois des localités intéressantes.

Les *carrières* en exploitation ou abandonnées sont une autre source très fertile en renseignements dans tous les pays, mais surtout dans les pays plats ou de petites collines, et dans les lieux où il y a un grand nombre de carrières. Il ne faut donc en négliger aucune, quelque soit son objet, telle que l'extraction de marbres, de pierres à bâtisse, de sables, d'argiles, de marnes, de houilles, de lignites ou de tourbes, etc.

En effet, au moyen d'un certain nombre de carrières, on anatomise, pour ainsi dire, le sol d'un pays, on peut observer l'effet de l'air et de l'eau sur la décomposition des roches, le point jusqu'où cette action s'étend, la roche intacte sans altération ni fendillement, les différences minéralogiques et paléontologiques de la roche sur plusieurs points, etc. En un mot, les carrières ont fourni le plus de faits pour la géologie secondaire, et surtout pour la paléontologie.

Un renseignement important à prendre dans les carrières, est celui sur le gisement des masses; car il arrive le plus souvent que les carriers connaissent parfaitement la succession des couches. Une fois initié à leurs dénominations bizarres, on arrive à des résultats d'autant plus positifs et intéressants que fréquemment ces personnes connaissent encore le mur et le toit des assises qu'elles exploitent, et qu'à l'ordinaire ces parties sont dérobées à la vue du géologue par la raison de leur inutilité technologique. Enfin, dans les carrières, on trouve quelquefois des choses, et en particulier, des fossiles, qu'on n'au-

rait pas vu dans la roche, ou qu'on n'en aurait pas pu en extraire soi-même.

Dans certains cas, le géologue-voyageur devra faire sauter ou déblayer des rochers, afin de voir certaines superpositions ou certains accidents géologiques, ou pour recueillir des minéraux intéressants.

Quant aux *cavernes*, ne traversant, en général, qu'une sorte de dépôt, elles ne donnent guère de renseignements sur la nature composée d'un pays, mais bien quelquefois sur les créations animales, qui y ont vécu.

Les *mines* sont des exploitations qui paraîtraient devoir être encore plus importantes pour le géologue que les carrières; néanmoins, plusieurs circonstances diminuent beaucoup leur intérêt pour la géologie théorique et de classement. Rien de plus intéressant, il est vrai, que le relevé du percement d'une galerie ou d'un puits, traversant diverses couches ou même plusieurs terrains, lorsqu'un semblable travail est fait consciencieusement par un ingénieur entendu; mais généralement le géologue, et surtout le géologue-voyageur, ne peut assister à ce relevé, et il ne lui reste qu'à parcourir des galeries ou des puits en tout ou en partie, boisés ou murés, ou à parois très sales. C'est aux ingénieurs stationnaires qu'appartient d'examiner géologiquement les mines et d'y faire exécuter les travaux nécessaires pour l'appréciation théorique des gisements, comme le faisait jadis à Hallein mon ingénieux ami feu M. Lill, ou dans le Mansfeld, M. de Veltheim, etc.

Si le géologue ne peut pas se fier aux renseignements donnés par les ingénieurs des mines ou les employés inférieurs, il peut encore avoir recours aux cartes des mines; mais très rarement il trouve à consulter la collection d'échantillons des roches traversées dans un percement.

Quant aux *cartes des mines*, elles sont, en général, imparfaites pour lui, parce que le champ d'exploitation cesse dans les parties qui sont pauvres; or, rien ne dit que la richesse ne puisse pas remplacer le manque de minerais, si on poussait le travail plus loin. Cette circonstance fait que, dans beaucoup de cas, on reste dans le doute sur la véritable nature du gisement, et que le mineur croit devoir y suppléer par des hypothèses plus ou moins probables. Chacun a sa théorie favorite, ses vues particulières; chacun présente ses dessins complétés à plaisir, de manière qu'un géologue ne saurait adopter avec trop de circonspection la presque totalité de ces essais, toujours, au moins, exagérés pour l'exactitude.

Ensuite, le *but des mineurs* diffère, en général, de celui des géologues; les uns ne s'attachent qu'à ce qui rapporte; les autres, à ce qui instruit; de manière qu'il en résulte des renseignements inexacts sur l'étendue et le gisement du dépôt, sur celui des gangues, sans tenir compte encore des erreurs produites par le langage malheureusement moitié barbare de la plupart des mineurs.

Enfin, l'étude d'une mine un peu considérable exigerait plusieurs jours et même, dans certains cas, des semaines d'études; rien de plus facile que d'y tomber dans de graves erreurs sur les gisements et leurs accidents. Il faudrait y descendre très souvent, faire exécuter soi-même des fouilles, recollecter soigneusement des échantillons, non-seulement dans les lieux où le roc vif est à découvert, mais encore derrière les boiseries; puis laver les morceaux et les mettre en ordre chez soi; de cette manière, je comprends qu'on peut arriver à des conclusions intéressantes, si ce n'est pas toujours pour la géologie en grand, du moins pour ses détails qui tiennent à l'art des mines. Ainsi, les exploitations de

mercure à Idria ayant été réputées épuisées, une commission de trois ingénieurs autrichiens y a fait un travail semblable, et a eu le bonheur de les relever complétement.

D'ailleurs, les mines s'ouvrent bien plus souvent dans un dépôt que dans plusieurs, ce sont des galeries ou des puits pour extraire des combustibles ou des métaux. Si l'on traverse divers terrains, leur nombre se réduit à l'ordinaire à deux, trois ou quatre, et très probablement, au moins quelques-uns, seront rendus invisibles dans les mines, par les boiseries et les murailles.

Ainsi, d'après mon expérience, *le géologue-voyageur visitera donc les mines qui se trouvent sur sa route; mais il ne perdra pas un temps précieux à répéter ces visites dans des exploitations identiques.* Ayant examiné les cartes des mineurs, et une fois sous terre, il mettra le plus grand soin à noter tout de suite les échantillons qu'il détachera et leurs localités, étude qui demande nécessairement un porteur; car, affublé en mineur, il est presque impossible de charrier beaucoup d'échantillons et surtout de se rappeler bien leur gisement. Souvent, les morceaux pris à la lueur des lampes, ou salis par l'eau boueuse des mines, prennent un tout autre aspect, vus hors des mines.

Le géologue demandera à voir principalement le contact des diverses masses de l'amas ou du filon avec les roches voisines, les salbandes, les gangues, la mine aux plus grandes et petites profondeurs, etc. Il donnera une attention particulière aux élargissements des filons, aux druses, aux transmutations d'un minéral dans l'autre, aux épigénies ou pseudomorphoses, aux formations de minéraux ayant lieu encore dans les mines, telles qu'aux dépôts d'allophane, de pharmacolithe, de vitriol, de sélénite, etc. Puis, sorti des entrailles de la terre, il

cherchera à retrouver le gisement en exploitation, sans s'embarrasser des quolibets ou des exclamations décourageantes des mineurs. Il m'est bien des fois arrivé que j'ai vu de cette manière, assez vite, davantage que dans des tournées fatigantes de plusieurs heures au milieu des ténèbres et des pluies souterraines.

Les *déblais* (*Halden*) *des mines anciennes* ou *modernes*, ainsi que les mines abandonnées abordables (*Pingen*), fournissent aussi de bonnes indications surtout sur la minéralogie des gangues, sur les altérations des roches, sur les couches anciennement traversées, sur les masses dont on a abandonné l'exploitation faute de minerai, d'argent ou de savoir faire, trois points qui ne sont guères du domaine du géologue.

Quant aux *mines peu compliquées* et se trouvant à l'ordinaire dans les dépôts secondaires ou tertiaires, telles que celles de combustible, de soufre, etc.; leur visite est souvent utile pour trouver des pétrifications, parce que ces couches n'affleurent pas toujours sur le terrain, ou les fossiles ne s'en extraient pas si facilement que dans une mine.

Le *danger de la visite des mines est en raison inverse de leur importance*, en fait de travaux. Ainsi, dans les puits établis dans les terrains meubles ou récents, il faut souvent descendre par des treuils très mal consolidés ou avec de mauvaises cordes, tandis que dans les grandes mines, les galeries, les échelles, les escaliers, les treuils sont sous la surveillance exacte d'ouvriers particuliers. Les mines de sel gemme ou d'argile salifère, et quelques mines de plomb, de mercure, etc., situées dans les montagnes, sont assez sèches pour qu'on ne soit pas obligé de s'habiller en mineur; dans toutes les autres, il faut revêtir des habits grossiers et le tablier de cuir pour être plus libre dans ses mouvements. Les mines à eaux

vitrioliques ou à fer oxydé rouge, sont celles qui salissent le plus le voyageur.

Les *forages*, suivis jour par jour par un ingénieur-géologue, donnent des résultats excellents pour la géognosie positive, en indiquant précisément la succession des couches, leur épaisseur relative, et faisant connaître des richesses minérales dont on ne se serait pas douté à la surface du sol. Dans ces derniers temps, l'établissement de nombreux puits artésiens et de trous d'écoulement pour les eaux, ainsi que les forages multipliés pour la recherche de la houille, des sources salées ou minérales ont achevé surtout de faire connaître la constitution géologique de plusieurs bassins secondaires et tertiaires. La comparaison d'un plus grand nombre de résultats de forages pourra conduire à des données encore plus importantes pour l'économie publique.

Dans les registres de forages, il faut coter la hauteur absolue au-dessus de la mer, la profondeur atteinte et les roches traversées. On les a aussi employés, comme les mines, pour des expériences sur la température de la terre.

Le *tracé des routes* et le *creusement des canaux* sont une mine d'observations pour le géologue; donc il ne doit pas négliger de visiter les nouvelles routes et les canaux non encore remplis d'eau, d'autant plus que ces coupes artificielles perdent beaucoup de leur netteté, lorsqu'on laisse écouler un certain temps après leur confection. Sous ce rapport, les ingénieurs des ponts et chaussées qui sont géologues, peuvent enrichir la science d'une foule de faits précieux que personne ne peut mieux voir qu'eux.

Les voies de communication les plus précieuses pour le géologue sont celles qui traversent des pays de montagnes où il a fallu faire jouer la mine, ou même creuser

des galeries à travers des massifs de rochers. En général, toutes les fouilles peuvent offrir quelque intérêt, ainsi, comme pour les forages, les *puits* et leur creusement sont quelquefois, surtout dans la plaine, un moyen unique de connaître la nature du sol. Il en est de même de l'établissement des fossés de remparts, des souterrains, des caves, etc.

Enfin chemin faisant, le géologue doit examiner les *matériaux de construction* employés dans le pays pour bâtir ou pour élever simplement des murs secs autour des champs, des vignobles, etc., et il ne doit pas négliger les pierres dont on charge les routes ou dont on fabrique le pavé. En général, il arrivera ainsi à connaître les roches dominantes dans le pays et même pourra découvrir dans les vieux murs, des pierres rares, parce qu'elles ne sont plus en usage.

Pour les matériaux de route ou de pavé (1), il faut seulement s'enquérir du lieu d'où on les tire, car quelquefois on les apporte de très loin, où ils viennent, comme lest, dans des vaisseaux ou des bateaux.

CHAPITRE X.

Indications sur la manière de faire des collections géologiques.

Les *échantillons de roche doivent être pris sur les rochers eux-mêmes*, et non pas détachés des blocs, qui sont le plus souvent à leur pied. Ce soin est nécessaire,

---

(1) Les diligences allant très vite, si on veut néanmoins examiner le cailloutis des routes, on doit prendre la place de la portière de la rotonde de derrière, pour avoir toute liberté de descendre aux montées où la course est ralentie.

parce que en général, on obtient des masses moins altérées par la décomposition. Les débris ne sont utiles à employer que lorsqu'on est sûr qu'ils proviennent du rocher qui les surplombe, et surtout quand ils en sont récemment tombés. Au coutraire dans le cas de la recherche des coquillages, les blocs peuvent souvent offrir de l'intérêt, parce qu'ils dérivent de strates très divers, qui autrement ne sont pas toujours tous à la portée du marteau du géologue.

Les meilleurs localités pour *échantillonner* sont les carrières, les escarpements, les murailles de rochers dans les vallées ou les ravins, ainsi que les falaises le long des rivages. Lorsque les couches ont une forte inclinaison, quelques unes deviennent inaccessibles, alors il faut les poursuivre jusqu'à ce qu'on puisse les atteindre.

L'influence des agents atmosphériques décompose la surface des rochers jusqu'à une certaine profondeur, et même quelquefois jusqu'à une grande distance de la superficie; dans ce cas, il faut prendre ses morceaux dans le roc vif naturel, et y ajouter des échantillons décomposés, quand ces modifications paraissent intéressantes. Or, l'altération fait souvent ressortir les parties composantes des roches cristallines ou agrégées, et épargne ainsi au géologue l'analyse mécanique. De cette manière des pétrifications se récoltent fréquemment avec facilité.

Les *échantillons pour des collections géologiques ne doivent pas être trop petits*. Ainsi la nature de beaucoup de roches agrégées n'est pas indiquée suffisamment dans de tels échantillons, les roches à fossiles, pour être distinctes, demandent un format de moyenne taille, etc. En général de petits fragments ne peuvent satisfaire que pour des roches très connues et à carac-

tères constants. Des échantillons de roches ayant 4 à 4 1/2 pouces de longueur, 3 pouces de largeur et environ 3/4 de pouce de hauteur, sont suffisants dans la plupart des cas. Quand ils contiennent des pétrifications, on est obligé de laisser souvent le format plus grand, crainte de casser les fossiles ou de ne pas les présenter sous tous leurs aspects.

Faire de trop petits échantillons pour épargner les frais de transport, est une mauvaise spéculation, parce que la diminution de ces frais est peu de chose, et les collections géologiques une fois faites perdent de leur valeur, si le format est trop réduit.

Pour le coup d'œil et la symétrie d'une collection, comme pour la plus grande facilité de l'emballage des échantillons, il est utile de les faire tous carrés et environ de la même taille. Cette règle, bonne d'ailleurs en thèse générale et surtout pour des musées, a cependant ses bornes, car sans cela on risque d'enlever souvent à ses morceaux de choix des caractères précieux, des fossiles, etc., le tout pour le plaisir de faire de la symétrie. Dans les collections, on se trouve embarrassé bien plutôt par la différence de hauteur des échantillons que par la diversité de leur forme. D'ailleurs, il y a des roches telles que celles qui sont prismées ou globulaires, scoriacées, terreuses ou sableuses, qui résistent au pédantisme des niveleurs.

Les *échantillons de roches* doivent avoir des cassures fraîches sur tous les côtés, à l'exception d'un seul où il est bon souvent de laisser, comme exemple, la croûte superficielle décomposée de la roche. L'habileté de tailler des échantillons dépend de l'habitude et un peu de la dextérité des personnes. Il faut savoir d'abord choisir les aspérités les plus convenablement placées, donner des coups secs et surtout ne pas trembler avec la main.

Pour échantillonner, un gant dans la main, qui tient l'échantillon, est le meilleur moyen de l'y fixer, et de prévenir en même temps les écorchures produites par les vacillations des morceaux sur lesquels on frappe. Du papier ou de la filasse ne remplacent poiut le gant.

Les deux plus grandes surfaces des échantillons doivent être aussi unies que possible, mais c'est surtout utile pour celle sur laquelle les morceaux doivent reposer, tandis que les caractères les plus saillants sont à réserver pour la surface opposée.

Les règles les plus importantes pour *échantillonner*, sont les suivantes :

1° Il faut examiner les rapports de la texture et des joints de séparation de la roche, et se guider en conséquence.

2° Il faut commencer par former une petite cassure fraîche, qui sert à fendre la masse, tandis qu'on perdrait du temps et on n'obtiendrait peut-être que des échantillons écornés en voulant arriver au même but par des coups redoublés sur la surface intacte du morceau. Lorsque ce sont des blocs de quelque étendue, on n'a pas besoin de faire attention de ne pas détruire les cassures fraîches jusqu'à ce qu'on ait donné aux morceaux la forme désirée. Dans ce dernier cas, j'ai éprouvé qu'on gâtait moins les morceaux en posant les blocs sur quelque chose de tendre, qu'en les mettant à terre ou sur des pierres.

3° Avant que l'échantillon ait l'épaisseur désirée, on doit éviter tous les coups qui peuvent lui donner une forme ronde, car alors il devient très difficile d'y produire une surface de cassure convenable, l'épaisseur du milieu offre trop de résistance, et la force employée pour en détacher des esquilles, détruit l'échantillon en le couvrant de marques de coups. Au contraire, si le bloc

est d'abord réduit, et a l'épaisseur convenable, alors on en abat le surplus dans la longueur et la largeur pour en obtenir des arètes, ce qui est aisé dans les morceaux où les bords sont moins épais que le milieu. Toutes les fois que cette dernière circonstance n'existe pas, il est difficile de donner aux échantillons la forme requise.

4° Des roches compactes, tel que le calcaire jurassique, etc., sont le plus souvent faciles à échantillonner; si la cassure est conchoïde et la roche peu cassante, il ne faut pas donner des coups trop forts, de peur de casser les morceaux; d'une autre part, des coups trop faibles ne font que les ébranler et les fendiller, souvent au grand déplaisir du collecteur. L'usage seul peut donner la mesure des coups à porter.

5° Les roches grenues demandent des précautions particulières, parce qu'elles sont inégalement cassantes.

6° Les morceaux de roches feuilletées doivent être échantillonnés presque sans exception dans une direction oblique le long des arètes. En les frappant à coups répétés avec un petit marteau dans la direction du plus petit côté et des feuillets, on obtient aisément une surface, sur laquelle on peut placer l'échantillon.

Pour les roches extrêmement feuilletées, on peut achever de former les échantillons plutôt avec la pince qu'avec le marteau. Il est de même des roches à cassure terreuse, dont quelques unes se laissent aussi tailler au couteau, comme les argiles.

Il y a certaines roches schisteuses dont on doit tâcher d'obtenir des échantillons, non pas parallèlement aux feuillets, mais à angles droits de ces derniers; de pareils morceaux donnent une coupe transversale sur une petite échelle, et sont fort instructifs, comme les gneiss, les micaschistes, les talcschistes, les amphibolites, etc.

7° Les roches très poreuses, telles que plusieurs espèces de laves, les ponces, etc., se laissent tailler préférablement avec le ciseau, qu'on introduit dans les endroits convenables et qu'on pousse à coups modérés de marteau.

8° Pour certaines roches argileuses, on est obligé d'employer le couteau.

Les échantillons doivent être achevés complétement sur les lieux mêmes où on les prend, parce que souvent un dernier coup de marteau casse le morceau le mieux taillé du reste ; or, on ne peut courir cette chance qu'à l'entroit où l'on peut remplacer sa perte. D'ailleurs il y a certaines roches que la désiccation rend infiniment plus cassantes dans le cabinet qu'elles ne sont dans la nature.

En général les grandes masses d'une même roche offrent différents aspects et même des variétés de composition générale ou accidentelle; il est donc essentiel de *choisir toujours les types caractéristiques* de ces variétés et des *échantillons qui établissent les passages entre elles* aussi bien qu'à d'autres roches.

Chaque échantillon doit offrir autant que possible tous les principaux caractères minéralogiques de la roche dont il dérive, et même si l'on peut, ou doit y joindre la forme extérieure, qui distingue certaines masses minérales, telles que la forme prismée, globulaire, pyramidale, etc. Quelquefois il est même bon de laisser aux échantillons la forme angulaire qu'affectent les fragments de quelques roches.

Il ne faut négliger aucune espèce de roches, et surtout ne pas se laisser guider dans le choix des échantillons par leur beauté ; on se charge trop souvent de doubles inutiles de ce genre, et on ne trouve plus de place ou de patience pour prendre des échantillons de roches

d'un aspect moins agréable, ou, au premier abord, peu intéressantes. Aucune masse ne doit paraître inutile à emporter, et, sous ce rapport, il ne faut pas oublier de faire collection des blocs, des divers cailloux et des sables.

Quant aux laves et aux roches plutoniques, il faut prendre des échantillons de la croûte scorifiée et de l'intérieur des masses. Les échantillons de nids et de filons métalliques se font le plus aisément sur les déblais des mines.

Enfin, certaines roches pyriteuses ou salines demandent, pour leur conservation, qu'on les couvre de vernis ou de gomme; sans cela, l'efflorescence détruit ou exfolie les échantillons quelquefois même avant leur arrivée dans le cabinet. Dans ce cas se trouvent les lignites pyriteux, les marnes pyriteuses, les argiles schisteuses alunifères, certaines argiles salifères, etc.

En général, c'est une chose extrêmement importante pour le géologue, de savoir bien choisir ses échantillons sans perdre trop de temps et sans omettre aucun accident intéressant sous le rapport minéralogique ou théorique. La description d'un pays en devient plus facile, les notes les plus exactes ne pouvant pas toujours suppléer à la vue des objets, et presque jamais, si ce sont des pétrifications. Ensuite, il arrive souvent que certains caractères, certains minéraux ou fossiles peu visibles ne sont reconnus que de retour à la maison. Dans tous les cas, on est bien aise de pouvoir convaincre les incrédules par la vue même des objets en controverse.

On ne peut s'abstenir de faire collection que lorsqu'on est arrivé à une connaissance assez approfondie d'un pays, et encore, dans ce cas, les collections ont toujours l'avantage de pouvoir, à chaque instant, vérifier si on ne s'est pas trompé sur telle ou telle roche, ou tel ou tel fait.

Si, au contraire, on n'a pas recueilli d'échantillons, il faut rester dans le doute ou retourner sur les lieux. D'ailleurs, pour l'homme exercé au métier de géologue, il est facile, à la lecture des ouvrages, de distinguer ceux composés par des personnes faisant collection d'avec ceux faits par des savants, qui ne se sont pas aidés par la vue même des objets qu'ils décrivaient.

Enfin, la géographie géologique comparative n'a fait de grands progrès qu'au moyen des collections, et probablement on serait arrivé plus promptement au point actuel de la science, si les plus grands voyageurs-géologues n'avaient jamais négligé de rassembler des échantillons.

Les *pétrifications* sont, pour ainsi dire, les numéros d'ordre des couches de la terre. A la vérité, les règles de la paléontologie ne peuvent pas encore être reçues comme des axiomes, cette science est très imparfaite; mais c'est justement une raison de la cultiver; or, sans collection de fossiles, il n'y a pas de paléontologie possible. Le nombre des espèces connues est déjà trop grand pour qu'aucun mortel puisse avoir la prétention de les reconnaître toutes à l'instant, sans courir risque de commettre des erreurs.

Les pétrifications se trouvent surtout dans des carrières, des marnières, dans les champs nouvellement labourés, dans diverses exploitations, dans des couches décomposées, etc. Le géologue doit donc donner ses soins à la recherche de ces localités et ne négliger, pour cela, aucune indication des habitants du pays, sous quelque forme bizarre qu'elle soit présentée.

Il arrive souvent qu'une roche compacte ne laisse guère apercevoir ni extraire de fossiles, tandis qu'à quelques pas de là, il y aura tel strate, telle masse moins dure, qui permet de voir et de collecter des ob-

jets intéressants. Il faut rechercher les couches argileuses ou marneuses, les bancs sâbleux, ceux qui laissent filtrer l'eau, etc.

S'il faut tâcher d'*obtenir les fossiles isolés dans leur plus grande perfection*, le géologue doit aussi prendre des morceaux de la roche, qui en empâte des débris, car la géologie a un but plus compliqué que la paléontologie.

Souvent, il faut rester satisfait avec des échantillons fort imparfaits, et se consoler par la pensée que la réunion de plusieurs morceaux semblables pourra amener à une détermination. C'est le cas le plus fréquent des fossiles des chaînes alpines et de beaucoup de terrains secondaires et primaires; c'est ce qui fait le désespoir des paléontologues. Quelques pétrifications, telles que des Hippurites, des Polypiers, etc., exigent qu'on fasse sauter la roche avec la mine.

Les fossiles se divisent en *pétrifications véritables* et en *moules* divers; il ne faut pas négliger ces derniers, parce qu'ils sont quelquefois les seuls moyens de juger de la paléontologie d'un terrain. D'ailleurs, les moules peuvent, par un contre-moulage habile avec du gipse ou de la cire à cacheter, conduire à des déterminations, si ce n'est pas toujours d'espèces, du moins souvent de genres.

Pour certains *fossiles empâtés* dans la marne ou le calcaire, de manière à ne pas laisser apercevoir leurs caractères, il faut essayer d'en étudier le genre ou les charnières au moyen de coupes faites dans divers sens avec le marteau ou avec la meule à aiguiser.

En général, *il faut collecter les espèces pétrifiées en plusieurs échantillons* pour être bien sûr d'en avoir tous les caractères et les variétés, et pour pouvoir ensuite choisir à son aise, pour sa collection, l'individu le plus parfait

Lorsque les fossiles sont dans des masses friables, du sable, de l'argile, de la marne, etc., il est souvent bon d'en emporter empâtés dans la roche même; cela épargne le temps perdu au triage, et rend l'emballage plus facile.

Pour sortir les pétrifications de semblables gites, on met les morceaux sableux coquillers dans l'eau et ceux d'argile ou de marne dans du vinaigre étendu d'eau, et on en tire ensuite aisément les fossiles. Le même moyen peut être employé pour mieux faire ressortir certaines pétrifications trop cachées dans des roches dures. Si les fossiles sont séparés de la roche par une enveloppe moins dure que cette dernière, comme, par exemple, les ossements dans le gipse de Paris, certains crustacées et autres fossiles dans la craie, etc., un coup habilement porté peut quelquefois les détacher.

Pour les *ossements* empâtés, il est plus sûr de s'aider alors de ciseaux plus ou moins fins, de limes et de scies à pierres de diverses grandeurs, en fixant les échantillons à arranger; mais ce travail exige une grande habitude, car chaque coup trop fort ou mal dirigé est apte à détacher des esquilles d'os.

Si on ne peut pas éviter de casser ces derniers, il faut soigneusement en conserver les morceaux pour les rejoindre plus tard avec de la gomme, de la colle forte ou du fil de fer. On est obligé d'en agir quelquefois de même pour certains débris de plantes, de zoophytes ou de mollusques.

Pour les *coquillages microscopiques*, la seule bonne manière de ne rien négliger, c'est d'écraser légèrement la roche coquillère, et d'en faire passer les débris par plusieurs tamis plus ou moins fins.

Les échantillons de fossiles ne peuvent être soumis à une grandeur donnée que lorsque les roches en sont

pétries, et que leur grosseur ou leur place le permet.

Les *échantillons géologiques recollectés doivent être soigneusement et régulièrement étiquetés jour par jour*; car si la mémoire de certaines personnes est prodigieuse à cet égard, aucune n'est assez bonne pour pouvoir retenir les localités et les accidents particuliers de chaque morceau d'une collection un peu considérable.

Quant à l'*étiquetage* des échantillons, il y a des géologues qui indiquent sur les étiquettes la nature, la localité et le gisement des roches, tandis que les autres se contentent de mettre en voyage ou même dans leur collection, sur les morceaux, de simples numéros correspondant à ceux de leur journal ou d'un catalogue. Dans ce dernier cas, on conserve la même série pour toute une tournée, ou bien au moyen d'un signe additionnel; on recommence une nouvelle série chaque semaine, ou même chaque jour.

Ce mode est expéditif en voyage, il a, de plus, l'avantage, lors du déballage, de donner en très peu de temps aux roches un certain ordre, et de faire servir le journal comme catalogue méthodique. Ses inconvénients sont de nécessiter une correspondance exacte entre les notes et les échantillons. Si le transport use les enveloppes des échantillons, plusieurs numéros peuvent facilement être effacés, et ainsi on peut rester dans le doute sur certains morceaux.

Quant à l'*adoption de ce plan pour les collections, il est très incommode*, parce qu'on se lasse très vite de cette comparaison du catalogue et des numéros, et qu'en tous cas, cela occasione une perte réelle de temps. D'ailleurs, combien de fois n'arrive-t-il pas qu'on est obligé d'examiner une collection sans pouvoir avoir le catalogue, soit qu'il ne soit pas encore confectionné, soit qu'il soit serré, et sans même pouvoir parler à

celui qui a fait la collection. Les géologues qui ont voyagé ont pesté plus d'une fois contre ces contre-temps et ces détours, dont on se promettait beaucoup de fruits, et qui n'avaient abouti qu'à faire perdre un temps inutile, et à mettre sous les yeux les roches les plus ordinaires sans noms de localités et de gisements. Quelquefois même, on a pu croire que le collecteur tâchait de dérober les faits aux yeux du voyageur, dans la crainte de voir publier des observations qu'il était en train de faire, ou qu'il ne voulait pas qu'on connût.

En résumé, je regarde comme infiniment préférable d'*indiquer sur l'étiquette*, aussi brièvement que possible, *la localité*, *la nature des échantillons*, et *d'y ajouter le gisement* dans la collection, si cela paraît trop long en voyage. Le numérotage des morceaux peut être réservé pour certaines coupes particulières. Cette méthode n'est guères plus longue que celle de mettre des numéros d'ordre, surtout si on se sert d'abréviations; car on n'a plus guère à collationner ses échantillons avec son journal. Ensuite, si on a plusieurs roches identiques du même lieu, un signe particulier sert pour toutes, ou bien on n'en étiquette qu'une ou deux. Puis, on risque moins que le transport fasse disparaître l'étiquette. Enfin, ce mode d'étiquetage est le seul qui donne de la vie à une collection, et n'empêche pas du reste la confection d'un catalogue.

Il faut tâcher, autant que possible, d'avoir de la bonne encre avec soi; car celle des auberges est quelquefois si blanche que l'écriture devient illisible au bout de quelque temps.

Les étiquettes peuvent être collées en entier ou en partie sur l'échantillon ou en être séparées. Le *collage des étiquettes* n'est bon que dans les collections; en voyage, c'est une opération trop longue et minutieuse,

puisqu'il faut choisir pour placer l'étiquette, les parties les moins importantes à voir dans chaque morceau, et qu'on ne peut changer leur place sans gâter encore plus les échantillons.

On colle les étiquettes avec de la gomme tragacanthe, ou plutôt on se sert d'étiquettes gommées avec de la colle à bouche. Dans les collections, ces sortes d'étiquettes étant sujettes à être endommagées, et même détruites par de petits insectes, la meilleure méthode pour obvier à ce désagrément, c'est d'avoir une étiquette en double sous l'échantillon, et de donner aux morceaux, avec un mélange d'huile et de vermillon, des numéros correspondants à un catalogue.

En général, des étiquettes collées sur les échantillons m'ont paru plus commodes que celles qui sont détachées, parce que cela épargne la peine de faire deux mouvements pour examiner une roche, et que cela empêche le déplacement des échantillons. Ce ne sont que les étiquettes très détaillées qui ne doivent pas se coller.

Pour le *transport des échantillons en voyage*, des sacs en toile grossière, ouverts par leur milieu, ou des filets sont très utiles, parce que non remplis, ils occupent peu de place, et remplis, ils peuvent se mettre commodément sur les épaules ou sur un cheval. Des paniers ne peuvent guère servir que dans le cas où on ne monte pas son cheval ou son mulet.

Dès qu'on a assez d'échantillons pour faire une caisse, on doit s'en débarrasser, si l'expédition est possible. Les petites caisses sont plus aptes à se perdre que les grandes. La force de la caisse doit être proportionnelle au poids; en général, pour les échantillons de roche, il faut mieux que les caisses soient longues que trop hautes.

L'*emballage* doit être fait de manière à empêcher toute espèce de friction entre les échantillons. Pour cela,

on les met dans une ou deux enveloppes, bien faites, de papier assez fort; si on emploie deux enveloppes, le papier de la première doit être plus tendre que celui de la seconde.

Le papier ne doit pas être trop épais; sans cela, il devient cassant. Cette espèce ne se trouvant pas à acheter partout, le géologue fera bien d'en avoir toujours avec lui une petite provision de prévoyance. Faute de papier, on peut se servir de grandes feuilles sèches, de mousse, etc.

On couvre le fond de la caisse ou du tonneau avec du foin, de la mousse ou des feuilles, ou bien, à la rigueur, avec de la paille; mais il faut faire attention que ces matières soient bien sèches, afin que le papier ne se pourrisse pas, et que les étiquettes ne courent pas risque de s'effacer.

Il ne faut pas coucher les échantillons sur leur plus grande surface, mais les placer verticalement serrés les uns contre les autres. Plus les échantillons sont bien taillés carrés, plus l'emballage se fait vite et gagne en solidité. Les espaces restés vides peuvent être comblés avec de la mousse, du papier, etc. Les couches d'échantillons, ainsi placées, sont séparées par du foin, de la mousse ou de la filasse, etc.; et avant de mettre le couvert, on garantit de même la dernière couche de roches contre toute détérioration.

Pour les échantillons mal taillés et de divers formats, la meilleure méthode est de les envelopper dans du foin qu'on tasse autant qu'on le peut et dont on remplit la caisse outre mesure, en ayant soin de la faire cercler pour empêcher qu'elle ne s'ouvre. Les plus gros échantillons se mettent dans le fond et les coins.

Quant aux morceaux de choix, aux *roches tendres et friables*, et aux *minéraux précieux*, il faut, avant de les emballer, les entourer de filasse ou de mousse, puis

de papier de soie ou d'un papier bien tendre, et enfin d'une ou de deux enveloppes de papier d'emballage.

On place les sables, les cendres et les minéraux pulvérulents dans de fortes bouteilles ou des boîtes bien fermées.

En général, la plupart des *pétrifications*, les impressions végétales, etc., demandent un emballage avec de la filasse et à être peu pressés. Les coquillages et les polypiers fossiles peuvent s'emballer mis chacun isolément dans un papier; néanmoins, cette méthode est fort longue, et les cornets de papier peuvent s'ouvrir par le mouvement du transport. Aussi, il m'a paru, le plus souvent, préférable d'emballer les fossiles, qui ne sont ni trop volumineux, ni trop pesants, dans du sable très fin, du son, de la sciure de bois, des cendres, etc., et de n'envelopper isolément dans du papier que les gros objets. Le son est préférable aux autres matières pulvérulentes.

Néanmoins, pour empêcher la perte ou le tassement du sable ou du son, il faut diviser les fossiles dans des petites boîtes, bien remplies et fermer solidement ces dernières. En général, le système des petites boîtes m'a paru utile pour récolter des pétrifications, parce que, sur les lieux mêmes, elles permettent déjà de faire un certain classement des objets.

Quant aux *collections de roches et de fossiles*, elles sont arrangées d'après un système ou une méthode, ou d'après un ordre géographique ou technologique. Pour conserver des fossiles et des substances friables, il est absolument nécessaire d'avoir de petits bateaux en cartes ou en cartons; ceux qui pourront faire cette dépense pour les roches feront bien, parce que les échantillons sont beaucoup moins sujets à se déplacer en tirant les tiroirs que lorsqu'on les met simplement dans des tiroirs

divisés par des baguettes, en carrés ou parallélogrammes. Les tiroirs pour les roches doivent être moins grands, mais plus hauts que pour la plupart des fossiles. Une bonne grandeur pour les roches est de 1 p. 3 po. 1/2 de long sur 1 p. 6 po. de largeur et de 2 po. 1/2 de hauteur; pour les fossiles 1 p. 7 po. de longueur sur 2 pieds de largeur et de 2 po. de hauteur.

Pour le transport et le posage des meubles, il est fort commode d'avoir des cubes de 9 à 10 tiroirs chacun, avec un tiroir plus haut pour les plus gros échantillons.

D'ailleurs ces petits cubes font gagner de la place; puisqu'ils ont l'avantage de rendre superflue la séparation des tiroirs sur le devant au moyen de baguettes de support, le poids n'étant pas assez considérable; tout le contraire a lieu pour les grands corps de tiroirs que le tassement détériore bientôt. Les tiroirs sont soutenus simplement par leurs bords latéraux sur des tasseaux attachés à l'intérieur du meuble.

Dans les musées on a de plus des tables à vitreaux pour les échantillons principaux des collections.

CHAPITRE XI.

Règles générales sur la manière de faire des observations.

Le but du géologue est de connaître, dans le plus grand détail possible, la nature du sol et de tout ce qu'il contient et le traverse, et de rechercher les causes de sa formation.

Tout relevé géologique doit commencer par l'*étude de la géographie* et de la *configuration du pays*. On rassemblera donc des notions suffisantes sur la distribution des plaines et des plateaux, des collines et des montagnes, des vallées et des rivières, ainsi que sur les di-

rections principales des arêtes, des sillons, et sur leurs rapports mutuels. Puis on tâchera d'acquérir une connaissance générale de la végétation du pays, de sa géographie botanique, de son climat, des limites de ses neiges perpétuelles, de ses glaciers, de ses lacs, de ses mers, de ses sources les plus intéressantes, de ses volcans, des phénomènes volcaniques dont le pays a été témoin, etc.

Ce premier travail fait, on procédera à l'analyse de la *constitution intérieure* de son sol et des accidents de divers genres qu'il a pu éprouver. C'est là que viendra s'appliquer tout ce que je dirai sur l'examen soigné des roches, de leur composition, de leurs passages les unes aux autres, de leur altération ancienne ou récente, de leur décomposition à l'air et de leurs fossiles organiques. Il faudra encore les étudier en grand dans leur stratification, dans leurs joints de séparation ou divisions naturelles ou secondaires, dans leurs rapports de gisement, et surtout bien distinguer les masses stratifiées d'avec celles qui ne le sont pas.

Enfin on observera les nids, les amas et les filons, les cavernes, les éboulis, les écroulements, les ruptures, les fendillements, etc., pour terminer par rassembler des détails sur les mines, etc., et l'emploi technologique des masses minérales.

Pour voir les superpositions des roches et des dépôts ou leurs relations, il faut fréquemment beaucoup de patience, rarement les séries sont complètes, ou bien des couches plus récentes, des alluvions, des failles, des bouleversements, en cachent certains membres; c'est pour cela qu'on est obligé le plus souvent de rattacher ensemble par la pensée certaines masses, dont la liaison immédiate reste cachée au voyageur.

A cet effet il faut examiner la contrée à relever en plu-

sieurs points, la couper en différentes directions, et suivre, autant que possible, le prolongement des couches, afin que ce qui est obscur dans une localité devienne clair dans une autre. Les voyages géologiques se divisent donc naturellement en *reconnaissances locales*, en *relevés de coupes*, et en *relevés des limites des dépôts*.

Les *reconnaissances locales* ne donnent jamais une idée complète du pays; mais, bien faites, leurs descriptions peuvent fournir des matériaux utiles pour ceux qui voudront étudier la géologie d'un pays. Néanmoins, je le répète, il faut déjà être bien versé dans la géologie pour ces sortes de travaux, ou du moins connaitre bien les roches et les fossiles pour pouvoir décrire fidèlement, sans se sentir toujours les connaissances nécessaires pour classer les dépôts. Ce sont les géologues stationnaires qui nous donnent le plus de ces descriptions; malheureusement, trop souvent, leur imagination les trompe au point de leur faire construire tout le globe comme le coin de terre qu'ils habitent.

Les *relevés de grandes coupes* conduisent à des conclusions plus certaines, mais ils exigent un tact particulier dans le choix des courses et dans la manière de faire concorder ou d'assembler les profils. Ils mènent plus vite à des résultats dans les pays à couches redressées ou de montagnes, que dans les plaines ou les plateaux. En général il faut faire plusieurs coupes dans divers sens, et les répéter; car ce qu'on voit dans un profil, peut avoir échappé dans un autre, ou on peut du moins changer d'opinion sur des apparences douteuses qu'on a vues ailleurs.

Dans les relevés de coupes, il est bon de marquer soigneusement ses observations sur les cartes, et de tâcher de les représenter par des dessins. Mais il faut avoir bien soin de distinguer les représentations de cou-

pes naturelles, c'est-à-dire dont toutes les masses sont exposées dans la nature, d'avec les profils théoriques construits d'après les idées qu'on se fait de la position des couches. Ces derniers tableaux induisent bien souvent dans l'erreur ; on se laisse aisément séduire par un joli dessin, où tout est bien limité et où il ne manque rien autre chose que d'être vrai, ce que le plus grand nombre des lecteurs ne peut pas apprécier. Cependant la science ne doit se baser que sur des coupes naturelles, tandis que les coupes idéales, les mieux faites, ne seront toujours que de mauvaises caricatures de la réalité. Bien heureux si les auteurs n'y font pas de grossières erreurs ou de graves omissions.

Les *relevés des limites des dépôts* sont le travail géologique le plus complet et exigent toujours beaucoup de temps, c'est ce qui fait qu'ils sont toujours précédés de profils et d'un grand nombre d'observations locales.

CHAPITRE XII.

Journal de voyage.

Le journal de voyage est la partie la plus importante des tournées géologiques. Pour qu'il soit un miroir fidèle de la nature, *il faut écrire ses observations sur les lieux mêmes et mettre chaque soir ses notes au net*, en y ajoutant les détails convenables et en consultant soigneusement les cartes pour les localités et leurs dénominations. On ne saurait trop y mettre de détails, car souvent une observation au premier abord insignifiante peut être utile plus tard, et une fois consignée elle est toujours à la portée du géologue, tandis que conservée simplement dans la mémoire, elle peut échapper ou on peut du moins se défier de ses souvenirs. D'ailleurs un voyage

est une véritable lanterne magique, les diverses impressions se succèdent si promptement que l'infidélité de la mémoire devient infiniment plus facile.

Dans les pays à couches redressées, il faut souvent noter la direction et l'inclinaison des couches, et dans les plaines il faut donner encore plus d'attention aux moindres affleurements que dans les pays des montagnes.

Enfin il est extrêmement important de *désigner aussi exactement les lieux d'observation* et de ne pas se contenter d'à peu près ou d'expressions équivoques, telles que celles de près de, loin de, dans le voisinage de, etc. Il faut préciser la distance en myriamètres, lieues ou heures, et le lieu par l'indication du point de l'horizon, du côté de la montagne ou de la vallée, du bord de la rivière, etc. Pour ceux qui ont voyagé et comparé des descriptions géologiques avec la nature, ils connaissent tous les inconvénients de ces ellipses de langage, qui peuvent être fort grammaticales, mais très désagréables pour le géologue-voyageur, dont le temps est précieux et dont chaque course a un but.

Ainsi pour donner un exemple, si quelqu'un décrivant le bassin de Paris, se contentait pour l'indication de la localité de la strontiane sulfatée de Meudon, de dire qu'elle se trouve près de cette capitale, l'étranger venu pour faire collection de ce minéral serait probablement obligé de repartir sans l'avoir pu découvrir. Eh bien! la géologie descriptive fourmille de données semblables, des objets quelquefois à cinq, dix et vingt lieues d'un bourg ou d'une ville sont dits se trouver dans leur proximité. Certaines personnes se contentent même d'énoncer qu'une province contient tel ou tel minéral, telle ou telle roche!

Si on veut éviter un style trop chargé de noms de

lieux, qu'on sache du moins rejeter en notes ces détails si nécessaires, car enfin la géologie n'est pas une science spéculative, mais pratique.

CHAPITRE XIII.

Relevés de cartes géologiques.

Les *cartes géologiques* sont pour la géologie descriptive ce que les tableaux synoptiques sont pour les sciences; elles font saisir en peu d'instants ce que peut-être on n'aurait pas appris après des lectures de détails arides. Mais à côté du bien se trouve le mal, en effet les cartes fidèles sont les seules utiles, or il est très difficile d'arriver dans une carte à une exactitude désirable, de manière que la plupart faites d'après un trop petit nombre d'observations, induisent le public en erreur. Donc il faut ne les regarder en général que comme des aperçus, des essais imparfaits, qui seront remplacés plus tard par des travaux tout-à-fait exacts.

Les cartes géologiques se divisent en *cartes géologiques* (1) *minéralogiques* et *de sources minérales*, et elles sont avec ou sans tracé du relief du pays.

Les premières cartes géologiques ont été construites vers le milieu du siècle passé, quoique Coulon en eût déjà dressé une pour la France en 1644. Son ouvrage remarquable, intitulé *Les Rivières de France ou Description géographique et historique du cours et débordement des fleuves* etc. (Paris 8°), provoqua probablement Martin Lister à proposer (le 12 mars 1683) l'exécution de cartes semblables (Voy. *Lond. phil. Trans.* vol. 14

---

(1) On peut consulter, à cet égard, le Mém. de M. Bredsdorff. (*De mappis geognosticis*. Copenhague, 1828, in-8°.)

p. 739), et Fontenelle en parla en 1720 (*Hist. de l'Académie roy. des Sc.*, 1720, p. 5). Les premières cartes furent *pétrographiques* ou *minéralogiques*, c'est-à-dire, qu'au moyen de signes ou de certaines hachures, on y indiquait diverses roches ou différents minéraux. Parmi les premiers essais de ce genre on peut citer, outre l'ouvrage de Coulon, la carte chorographique du Kent oriental par Christophe Pack, publiée à Londres en 1743, et surtout celles de Guettard sur la nature et la situation des terrains qui traversent la France et l'Angleterre. Les deux cartes de Guettard furent dressées en 1746, et publiées en 1751 dans les Mémoires de l'Académie de Paris, p. 363 à 392, et elles anticipent les cartes présentées de notre temps par MM. d'Omalius d'Halloy, Brongniart, Constant Prévost et des géologues anglais, en ce qu'elles établissent bien la liaison ancienne des dépôts du nord de la France et du sud de l'Angleterre (1). Une carte semblable pour l'Égypte fut publiée par Guettard en 1755 (*Mém. de l'Acad.*).

Depuis lors, ce même savant, Monnet, Palassou et Desmarest établirent, d'après le même principe, diverses cartes. L'atlas minéralogique de la France des premiers auteurs (Paris 1780 à 84, 31 feuil.), est un monument de recherches laborieuses, auquel il ne manque souvent que la coloration pour le mettre au niveau des la science actuelle. Palassou donna en 1784 sa carte de Pyrénées, et, dès 1781 il colora géologiquement son voyage de Perpignan à Paris par Lyon, Bordeaux, Limoges, etc. (*J. de Physiq.*).

---

(1) Desmarest a aussi publié à ce sujet une *Dissertation sur l'ancienne jonction de l'Angleterre à la France.* Amiens, 1753, in-12, avec une planche.

En Allemagne, il fut fait aussi quelques cartes pétrographiques, telles que celle de la Bohême septentrionale par Reuss, en 1793, celle du Harz par Lasius, en 1798, celle de la Transylvanie par Fichtel, en 1797.

Charpentier est peut-être le premier qui ait adopté des couleurs pour indiquer les terrains sur les cartes. Or, sa carte de Saxe ayant été publiée en 1778, et Becher ayant donné celle du pays de Nassau en 1788, il est singulier que cette amélioration n'ait été adoptée généralement que plus de dix ans après, savoir depuis 1790, et encore faut-il ajouter que ce genre de carte n'a augmenté graduellement qu'à dater de 1811; tant il est vrai que les meilleures choses demandent du temps pour s'établir.

Riess donna en 1791 une carte colorée d'une partie de la Hesse; Flurl en 1792 celle de la Bavière; Voigt en 1794 celle du pays de Fulda; et M. de Buch en 1797 celle des environs de Landeck. Néanmoins en 1790 Nose n'employa pas les couleurs pour ses cartes des contrées volcanisées sur les bords inférieurs du Rhin; en 1799 Heim ne fit pas mieux pour donner une idée du Thuringerwald, et en 1805 Lupin en a agit de même pour l'Allgau. Les cartes de la Pologne et de la Gallicie, publiées en 1815, l'une par Stacsic et l'autre par M. Schindler, sont encore simplement pétrographiques.

A présent on n'en fait plus de ce genre, à moins qu'on ne veuille qu'indiquer sur des cartes physiques quelques gîtes intéressants et des usines; comme cela a été le but d'Eversmann dans sa carte de la Westphalie en 1805; de M. Héron de Villefosse dans celle du Harz et du nord-ouest de l'Allemagne en 1815; de Busset dans son atlas topographique, statistique et géologique du Puy-de-Dôme (5 feuill.), de Jalabert dans sa

carte minéralogique des Pyrénées, annexée au tracé du canal des Pyrénées (1830, 1 feuill.), etc.

Néanmoins lorsque les cartes sont très détaillées, les couleurs ne suffisant plus, on a encore recours à certains signes de convention pour indiquer, soit des roches ou des minéraux, soit des mines, des filons, des usines, etc. Comme exemples de ees cartes géologiques ét et minéralogiques, on peut citer celles des cercles de Cassel, de Wolfhagen et de Hof-Geismar dans la Hesse-Electorale, par M. Schwarzenberg (1825 et 1830), et surtout la jolie carte des environs de Freiberg en Saxe, par Ch. Schippan (1823).

Les *cartes géologiques coloriées* sont de deux espèces. Les unes ressemblent aux cartes géographiques, *les limites des formations y portent seules des couleurs*. Les détails du tracé du terrain perdent ainsi peu de leur netteté, et les frontières géologiques sont plus aisées à saisir. On peut citer pour exemples, la carte de la Lorraine, publiée, en 1825, par M. Steininger dans la Hertha, le carte du Puy-de-Dôme, par MM. Lecoq et Bouillet (*Itinéraire du dép. du Puy-de-Dôme* 1831), celle du Harz, par M. Zimmermann (1832), où l'auteur a joint l'emploi des signes, etc.

Ce genre de coloriage est surtout utile à employer dans les cartes physiques, les cartes forestières ou de géographie botanique et celles des sources minérales où on veut indiquer la constitution du sol. De cette manière, M. Stucke a donné la carte géologique et des eaux minérales de tout l'ancien empire d'Allemagne (Cologne, 1831, 4 feuill.).

Les autres cartes géologiques sont toutes coloriées, c'est-à-dire que la couleur affectée individuellement à chacun des dépôts, couvre tous les espaces où ils se ren-

contrent, on ne laisse en blanc que les points inconnus.

Dans les cartes soignées, on force les teintes sur les limites des terrains, afin de les faire mieux ressortir. Les modèles à citer en ce genre le plus généralement usité, sont la carte géologique d'Angleterre, par M. Greenough (Londres, 1821, 6 feuill.), ou sa réduction par J. Gardner (Londres, 1826, 1 feuill.), celle de l'Europe centrale de Simon Schropp et Ce (Berlin, 1826, 36 feuill.), celle du nord-ouest de l'Allemagne, par M. Hoffmann (Berlin 1830, 24 feuill.), celle de la Saxe-Royale, par M. Naumann (1834, ouvrage non achevé), celle de la France, par MM. Brochant, de Beaumont et Dufrenoy, et celle du Harz, par Julius et Berghaus (Berlin, 1822).

Comme le perception des couleurs est différente dans presque chaque individu, comme les couleurs sont sujettes à changer, et qu'on n'est pas encore parvenu à donner un coloriage identique à tous les exemplaires d'une carte, il est nécessaire d'ajouter aux teintes des chiffres ou des lettres qu'on place près des limites des dépôts. Ainsi des lettres ont été employées par M. Klipstein dans ses cartes de l'Odenwald (1830, 1 feuill.), et de la Wetteravie (1331, 1 feuill.), par M. Hisinger dans sa belle carte de la Suède méridionale (1835), etc. En général on a préféré le numérotage, comme sujet à moins d'équivoque, dans les cartes, du moins dans celles couvertes de beaucoup de noms.

Un genre particulier de cartes sont celles *destinées à donner une idée de la configuration d'un pays à diverses époques géologiques*. On atteint ce but au moyen de plusieurs cartes, dans lesquelles on figure la mer à la place de certains dépôts, de manière que les cartes des temps les plus reculés ne représentent que des iles; celles

de temps un peu plus récents, des petits continents avec des montagnes, des vallées, etc., et entourés d'îles et de rochers, celles des temps encore plus modernes, de grands continents à contours fort découpés, séparés par de larges détroits de mer, etc., et ainsi de suite.

Une méthode plus ingénieuse, mais d'une exécution beaucoup plus difficile surtout pour certaines parties du globe, c'est d'indiquer les diverses phases géologiques par lesquelles un pays a passé au moyen de *plusieurs cartes superposées les unes aux autres*, dans lesquelles les terres découvertes seraient marquées par des découpures d'autant plus grandes que la carte devrait représenter la configuration d'une époque plus récente. M. Gemmellaro a fait en 1834 une essai semblable pour la Sicile, essai qui n'est pas publié.

Nos connaissances actuelles ne nous permettent pas encore de construire de semblables cartes très détaillées; on ne peut arriver qu'à de grossières ébauches pour certaines parties de l'Europe, des États-Unis et de l'Indoustan, comme j'en ai fait l'essai en 1831 (voy. mes *Mém. géol. et paléont.* pag. 1).

M. Weiss a figuré la Bavière supérieure comme un grand lac à l'époque tertiaire (*Sud Bayerns Oberflache*, etc., 1820). En prenant pour base ma carte géologique de l'Europe (1829), M. Lyell a représenté comme des mers tout le sol tertiaire et alluvial de ce continent (*Principles of geol.*, vol. 2). M. de Beaumont a fait un essai de ce genre pour l'époque tertiaire parisienne (*Mém. de la Soc. géol. de France*, vol. 1, pl. 7). A l'exception des îles du Bray et des Wealds, il serait facile de faire quelque chose de plus complet.

Enfin les *reliefs* pouvant donner une idée meilleure d'une contrée que toutes les cartes, on a colorié géologiquement de semblables relevés. Ainsi, le relief du

Wurtemberg de M. Rath a été colorié géologiquement par M. Schubler.

Il serait bien à désirer que quelqu'un en agît de même pour les reliefs de la Bavière par Frédéric Weiss, pour ceux de la Suisse par Pfyffer et Meyer, pour ceux du Montblanc, du Mont-Cenis et du Simplon, etc.

Si on pouvait astreindre le *coloriage géologique* à des règles fixes, ce serait un avantage immense; les teintes seraient l'alphabet du géologue. MM. Werner, Jameson, Schmidt (1) et d'autres ont proposé jadis des tables de couleurs. Quelquefois on a tâché vainement de donner à chaque roche environ la couleur qu'elle a dans la nature. Malheureusement on a reconnu que la différence du nombre des indications à donner dans une carte et même le but particulier de l'auteur n'admettent pas cette régularité. Néanmoins l'admission de certains principes généraux est possible et serait déjà d'un grand avantage.

Ainsi, par exemple, les teintes jaunes pourraient être appliquées aux grès, les teintes bleues à la plupart des calcaires, à l'exception du lias et des calcaires jurassiques dont les teintes seraient le violet-gris. Le carmin serait réservé au granite, à la siénite et aux roches primaires stratiformes, le brun aux schistes argileux et aux grauwackes, le vermillon aux porphyres et aux trachytes. Différentes teintes noires indiqueraient les basaltes et les dépôts de combustibles; le vert foncé, les serpentines et les roches trappéennes; le violet foncé, le gypse; des teintes vertes claires et brunâtres, les dépôts tertiaires et d'alluvions, etc. C'est à peu près le système

---

(1) Voyez *Taschenb. f. Mineral*, tom. VII, p. 412.

proposé par Werner, exposé par M. Jameson (1) et perfectionué par M. de Buch.

On multiplie les indications au moyen de hachures et de pointillés différents, ce qui est surtout essentiel pour le coloriage des cartes des contrées où sont développées en même temps tous les terrains.

M. de Buch distingue le gneiss du granite, en couvrant la teinte plate de carmin de lignes horizontales d'une couleur plus foncée; dans les micaschistes et les talcschites, les lignes sont obliques de gauche à droite dans les premiers, et de droite à gauche dans les seconds; dans l'amphibolite, il y a des lignes horizontales vertes; dans la siénite, il y a des points rouges foncés.

Quant aux grès, le grès bigarré a des lignes horizontales, le grès rouge des points rouges, le grès houiller des points bruns, etc.

Parmi les calcaires, la dolomie a des points rouges-bruns, le calcaire grenu des points bleus foncés, le calcaire intermédiaire est bleu foncé, le calcaire métallifère a un encadrement brun, le muschelkalk une teinte bleue-grise, la craie des lignes horizontales vertes. Le calcaire jurassique inférieur se distingue du supérieur par des lignes horizontales sur la teinte violette claire, le lias par un violet-gris prononcé. Quant au terrain tertiaire, le vert-clair indique la molasse, s'il y a des points rougeâtres, c'est du nagelfluh, s'il y a des points verts, c'est du calcaire tertiaire, s'il y a des points bruns, c'est du grès, s'il y a des raies obliques, c'est de la meulière. Les laves se distinguent des trachytes par un pointillé rouge; les gypses sont verts foncés.

Les seules indications de M. de Buch qu'on devrait

---

(1) Voyez *Mem, of the Werner soc.*, tom. I, p. 149.

rejeter, c'est de donner à la serpentine presque la même coloration qu'aux amphibolites, et de consacrer au lieu du vermillion, des teintes violâtres au porphyre quarzifère, pyroxénique et diallagique. En distinguant ces deux dernières roches par des pointillés rouges dans l'une et verts dans l'autre, on peut trop aisément confondre le porphyre pyroxénique et même l'euphotide avec la siénite.

M. Brochant de Villiers a adopté, à peu de chose près, la table de couleurs de M. de Buch, mais celle de M. Buckland et en général celle des Anglais, présente de notables différences, parce que, sans employer autant de hachures et de pointillés, ils ont cherché à exprimer par des teintes plates différentes, tous les nombreux dépôts secondaires et tertiaires de la Grande-Bretagne.

Dernièrement M. de Caumont a exposé une *méthode pour indiquer les passages d'une roche à une autre*, savoir : de placer sur la teinte d'une roche à laquelle une autre passe des points de la couleur de cette dernière. Il en a fait l'essai dans sa carte géologique de la Manche (1835) (1). Ce système est bien plus praticable que celui de faire fonder ensemble les teintes des roches, qui sont liées par des passages insensibles, car cela est presque impossible dans la pratique.

Pour la *construction des cartes géologiques*, il faut employer les meilleures cartes géographiques, s'il y en a déjà, et tâcher de colorier en voyage même celles qui sont sur les plus grandes échelles. S'il n'existe pas de bonnes cartes, il faut en construire une soi-même tant bien que mal, puis de retour chez soi on réduit les grandes cartes au format, qui permet d'y placer toutes les indications

(1) *Bull. de la Soc. géol. de France*, tom. III, p. 11

géologiques nécessaires ou du moins celles qu'on a pu recueillir (1). Pour donner une idée générale de la constitution minérale d'un pays, il suffit de colorier des cartes sur une petite échelle, ce qui peut convenir lorsqu'on est obligé de se renfermer dans un petit format ou qu'on n'a pas besoin de donner une carte très exacte pour la position des lieux.

Le relevé des limites des dépôts devient un travail très long, quand les diverses roches n'occupent chacune que des espaces peu considérables, quand elles se montrent sous des rapports extraordinaires, ou que leurs limites sont très irrégulières ; ailleurs les terrains étant couverts d'alluvions ou de dépôts plus récents, il faut savoir tracer leurs bornes d'une manière idéale, qui ait quelque probabilité. Ce dernier cas se présente surtout pour les formations stratifiées. Il faut s'aider alors des affleurements dans les lits des cours d'eau, dans les carrières, sur les routes, etc.

Du reste, *l'indication de toutes espèces de roches est superflue dans des cartes générales*, qui ne sont que le tableau de la distribution des formations principales ; il est même quelque fois impossible de limiter exactement des roches ordinairement associées ensemble comme le granite et le gneiss, or c'est mal d'adopter des circonscriptions arbitraires, mieux vaudrait n'en point faire.

---

(1) Ce serait sortir de notre cadre, que d'indiquer les manières d'exécuter des relevés à la boussole ou avec les instruments de l'ingénieur-géographe. Voyez les ouvrages de MM. Puissant (*Traité de Géodésie, Principes du figuré du terrain*, etc.), Prony, Lehmann, Oetzel (*Terrainlehre*, Berlin, 1834), Littrow, (*Choregraphie*, Vienne, 1833), etc.

Pour *éviter de trop charger les cartes de détail*, on peut en construire deux ou trois, dont l'une représente les grandes formations, l'autre les dépôts subordonnés, et une troisième les détails locaux de roches particulières. Ainsi Ebel a donné à la fois deux cartes de la Suisse, dont l'une est plus détaillée que l'autre.

Pour *relever bien un pays* on le divise en différentes parties non mathématiques, mais naturelles et on les étudie les unes après les autres, en faisant des coupes transversales et des courses en divers sens depuis des points centraux. Il peut être aussi utile de répéter les observations en sens contraire de celui dans lequel on les a faites, pour voir si on a bien tout vu.

Outre les terrains et leurs roches il faut *marquer sur les cartes la direction et l'inclinaison des couches* (1).

Une carte parfaite doit présenter le relief du pays, aussi faut-il tâcher à cet égard de corriger autant que possible les cartes existantes, surtout pour la position et les directions des montagnes, des vallées, ainsi que pour la place des plaines. En général une trop grande quantité de noms de lieux sont inutiles, mais si des localités politiquement importantes peuvent être supprimées et si on peut se contenter des noms des villes et des bourgs principaux, il faut bien faire attention d'indiquer sur les cartes toutes les dénominations de montagnes, de vallées et de lieux près desquels se rencontrent des faits géologiques importants.

Outre une nomenclature orographique et hydrographique complète, il est bon de marquer, au moyen

(1) Voy. la méthode recommandée par M. Schippan, pour poursuivre des couches dans son *Plan einerzgebirgigten Gegend*, etc., Freiberg, 1828.

de *signes*, les mines, les carrières, les sources minérales, les salines, les cavernes, les usines, etc. Ces signes doivent être bien visibles quoique assez petits pour ne pas diminuer la netteté de la carte. Un modèle en est offert dans la pl. IV ; la stratification est indiquée par le point de l'horizon vers lequel se dirige la pointe d'une flèche horizontale, il en est de même pour l'inclinaison dont la flèche est inclinée, les usines et les mines sont distinguées par les signes chimiques des métaux employés ou exploités, les diversités des carrières par différentes teintes, des lettres, ou des signes; enfin dans les filons des flèches servent à indiquer la direction et l'inclinaison.

Quelquefois il peut être utile de montrer par des lignes coloriées ou non la route qu'on a suivie dans son voyage, ainsi que les systèmes de soulèvemens.

Des hachures de diverses longueurs, plus ou moins fortes doivent faire apprécier sur les cartes la *différence d'élévation des montagnes*, leurs pentes plus ou moins douces, en un mot toutes leurs formes (1).

On oriente les cartes d'après la ligne du nord, et pour lever tous les doutes on ajoute la direction de l'aiguille aimantée d'après sa déclinaison. Dans les grandes cartes on peut aussi indiquer sur leurs bords les degrés de longitude et de latitude.

Le *coloriage des cartes* exige des précautions particulières.

1° Il ne faut pas les charger de trop de teintes diverses; des pâtés multipliés de couleurs leur donnent un aspect désagréable et diminuent la netteté du tableau; d'ailleurs

(1) Voyez à cet égard un Mémoire de Gerstenbergk (*Annal. der min. Soz. zu Jena*, tom. III, p. 179).

l'emploi d'un grand nombre de teintes offre de grandes difficultés.

2° Il ne faut choisir que des couleurs pures, afin de ne pas rendre indistinct le dessin ou l'écriture des cartes. Il faut éviter les couleurs métalliques telles que le cinabre, le vert de gris, etc., du moins elles demandent à être étendues très légèrement, et leur nature pâteuse est bien moins favorable au coloriage des cartes que les couleurs résineuses ou laques.

Ainsi on prendra pour le noir l'encre de Chine; pour pour le brun la sépia ou le bistre; pour les autres nuances les trois couleurs fondamentales : la gomme-gutte pour le jaune, la cochenille ou le laque rouge pour le rouge, le bleu de Prusse pour le bleu; puis on composera avec ces couleurs en parties égales l'orangé, le vert, le violet ou en parties inégales le rouge-jaunâtre, le jaune-rougeâtre, le bleu-jaunâtre, le rouge-bleuâtre, le bleu-rougeâtre, etc.

3° Il faut éviter autant les teintes trop claires que celles trop foncées, car les premières sont en partie sujettes à passer, surtout lorsque les cartes sont exposées journellement à la lumière.

4° Les teintes doivent être étendues autant que possible également et elles doivent avoir à peu près toutes la même force, pour ne pas frapper l'œil l'une plus que l'autre. Pour cela il faut donner moins vigueur aux teintes naturellement foncées et *vice versâ*.

Ces deux points du coloriage sont ceux par lesquels pèchent la plupart des cartes; il est même impossible d'arriver à une identité parfaite de couleurs pour deux cartes, malgré le soin qu'on a d'en colorier plusieurs en même temps avec la même quantité préparée de couleurs et avec des pinceaux d'autant plus grands que le sont les espaces à colorier.

CHAPITRE XIV.

Dessin de vues et de profils.

Les dessins de vues et de profils ont un avantage immense pour le géologue, ils animent et abrègent ses descriptions, plus tard ils lui remettent les objets sous les yeux, et les font mieux comprendre à ceux qui ne les ont pas vu. Si on ne sait pas bien dessiner on peut au moins figurer sur le papier la forme extérieure des aspérités du sol, ce qui a déjà quelque valeur pour le géologue. Les *vues en panorama* sont une chose bien utile surtout si elles sont coloriées géologiquement, mais elles demandent un dessinateur consommé. On peut citer comme exemple le panorama des environs de Vienne, colorié par M. Wachtl, d'après les indications de M. Partsch (1832.)

Quant aux *coupes*, elles se divisent en *naturelles* et *artificielles* ou *théoriques*. Les premières ne sont que la représentation fidèle de la succession et de la position des masses minérales, elles sont la base de la science et elles sont surtout d'un intérêt inappréciable, lorsqu'on peut les rendre tout à-fait fidèles en y conservant les rapports proportionnels des distances et des hauteurs. Or cette exactitude de dessin demande des mesures répétées, soit géodésiques, soit barométriques, de manière qu'en général les coupes naturelles ne le sont que pour le géologue, et non pour l'ingénieur-géographe.

Etant présentées sur des échelles très réduites, de petites erreurs de distance et de hauteur n'ont pas de valeur pour la géologie, qui exige même qu'on exagère plutôt le rapport des surfaces en saillies et de celles qui sont planes. Les transactions de la société géologique de

Londres offrent beaucoup de bonnes coupes naturelles de cette espèce.

Les *coupes artificielles*, *idéales* ou *théoriques* ne sont que le tableau plastique des idées conçues sur la structure d'un point du globe, et leur intérêt augmente en raison du nombre de coupes naturelles qu'on y a fait entrer, en raison de leur coordonnation plus ou moins ingénieuse et surtout en raison de l'expérience de celui qui les a tracées. Si l'abus en est très blâmable surtout quand on n'avertit pas que c'est de la pure théorie, d'un autre côté, de pareils tableaux servent utilement de résumés à des descriptions, en faisant apercevoir d'un coup d'œil les vues particulières de chaque auteur.

Comme exemples de coupes idéales bien faites, on peut citer celles jointes à la carte des bords du Rhin par MM. d'Oeynhausen et Dechen, l'Atlas de coupes du N. O. de l'Allemagne de M. Hoffmann (1831); une coupe à travers toute l'Europe, par M. Conybeare. (*Reports of the british associat.*, etc., 1833).

Quant à ces coupes où la théorie est poussée jusqu'à ses dernières limites, il ne faut les prendre que pour ce qu'elles valent : toute la géologie ne peut pas se placer sous une forme idéale, sur une feuille de papier. Dans ce cas sont, les tableaux de la structure du globe, par MM. Brongniart, Boubée, Galeotti, de la Bèche, etc.

Pour la construction des coupes, on peut donner les règles suivantes (1).

1° Il faut étudier les détails, la configuration du pays, depuis un point élevé.

(1) Voyez à cet égard ce que dit Escher (*Taschenb. f. Mineral.* vol. 6, p. 390), et Schmidt. (Id., vol. 7, p. 417.)

2° Il faut éviter les effets trompeurs de la lumière et des ombres, qui font paraître, à distance, les montagnes plus basses ou plus escarpées.

3° Le fond des vallées transversales étroites n'est pas favorable à ce genre d'observation qu'on fait alors sous un angle trop aigu; les vues ainsi prises sont souvent inexactes; on peut s'y tromper sur la position réelle des couches.

4° Il faut choisir le côté qui offre le plus d'intérêt pour le géologue. Il est nécessaire souvent de présenter plusieurs coupes dans différentes directions, pour faire comprendre entièrement les rapports des couches. Du reste, des profils trop morcelés n'amènent guère à des conclusions générales satisfaisantes.

5° Il faut tâcher de déterminer barométriquement les hauteurs relatives des points les plus élevés et les plus bas des coupes, afin de pouvoir les indiquer sur les points même ou du moins sur une échelle de hauteur placée à côté des coupes.

6° Dans les grands profils, il faut marquer tous les objets importants, tels que les montagnes, les vallées, les rivières, les villes, les villages, les châteaux, les mines, les usines, etc., afin qu'on se retrouve plus aisément dans les cartes. On peut indiquer les objets placés derrière les uns des autres en dehors de la ligne de la coupe, en les mettant sur des plans différents ou en leur donnant des contours plus ou moins forts.

7° Comme le plus souvent, on ne peut conserver les proportions naturelles, on est obligé de donner aux aspérités une plus grande échelle que pour la distance des objets, afin de pouvoir indiquer plus aisément les alternatives des dépôts. Des plaines prennent ainsi l'aspect de plans inclinés, les collines, celui de pics et même d'aiguilles, mais sans cela les profils deviendraient trop

longs et on ne pourrait pas satisfaire aux exigences des détails minéralogiques. Il suffit que l'échelle soit assez grande pour la représentation de tout ce qui est utile à figurer.

Si les coupes se rapportent à des cartes, il est convenable de choisir la même échelle et de marquer sur ces dernières les lignes des profils.

8° Le coloriage a lieu comme dans les cartes, avec cette différence, que si elle rend les coupes plus distinctes à l'œil, elle n'est pas toujours nécessaire. Des hachures ou des signes convenablement faits, et même des lettres, suffisent, dans bien des cas, pour ce genre de travail.

Pour ne pas induire en erreur, il ne faut colorier ou couvrir de signes que la partie des coupes qui sont tout à-fait naturelles, ou indiquer par des blancs les portions les plus douteuses des coupes idéales.

On cherche quelquefois à ajouter aux coupes l'intérêt d'une vue ; mais sans un talent particulier, ce genre de profil est rarement élégant et en général cher à exécuter.

Les transactions géologiques de Londres en offrent plusieurs exemples, comme les coupes de la Chaussée des Géants, des falaises du sud de l'Angleterre, etc. Les deux coupes longitudinales de la vallée de la Salza, en Salzbourg, par feu Lill, sont encore de ce genre. (*Jahrb. f. Mineral*; 1830 et 1831.)

Dans son profil géologique de la Sicile et celui du bassin de Paris, M. Prevost a essayé d'indiquer dans les coupes divers plans au moyen de teintes d'autant plus claires, que les plans étaient censés plus éloignés de l'œil.

SECONDE PARTIE.

EXAMEN DE LA CONFIGURATION EXTÉRIEURE DU SOL, DE SES APPARENCES ET DE SES ACCIDENTS.

CHAPITRE PREMIER.

Géographie générale et particulière.

Nomenclature géographique d'une contrée. Est-ce que le pays est divisé en plusieurs districts naturels portant différentes dénominations? Quels sont les noms des chaînes, des collines et des montagnes, ainsi que ceux des vallées?

Certains noms donnés à des chaînes s'appliquent-ils plutôt à quelques-unes de leurs sous-divisions ou ramifications, qu'à leurs masses principales?

Limites naturelles d'une contrée et d'une chaîne. Est-ce que les limites géographiques, et surtout celles d'une chaîne, correspondent avec celles qu'établit la géologie?

Est-ce qu'un ensemble de dépôt ou une chaîne, apparaît comme un tout isolé, ou cet isolement n'est-il qu'apparent? Avec quelles masses ou montagnes ces dépôts ou cette chaîne sont-ils liés, ou n'en sont-ils qu'un prolongement?

Est-ce que la chaîne est en liaison avec un pays montueux ou une plaine? Est-ce qu'elle forme une ceinture autour des contrées de plaine, ou sépare-t-elle seulement des pays semblables?

Les chaînes sont-elles plutôt au milieu des continens que sur les côtes?

Leur étendue en longueur et en largeur. Est-ce que la largeur de la chaîne est en rapport avec sa longueur, ou le contraire a-t-il lieu? Est-ce que certaines portions ont des largeurs très considérables? Cet accident se présente-t-il dans un endroit où il y a un nœud de montagnes, ou à l'embranchement d'un rameau particulier? Coincide-t-il avec un changement dans les roches?

Dans l'estimation de la moyenne largeur d'une chaîne il ne faut pas tenir compte des localités ou des branches latérales s'anastomosant avec la masse principale.

Direction. Quelle est la direction d'une chaîne? Peut-on y reconnaître une direction constante ou du moins moyenne, ou bien n'y observe-t-on que des massifs s'étendant sans ordre de tous les côtés? Est-ce qu'il y a des indices d'entrecroisement de directions; et le massif ne serait-il que le résultat de rides s'entrecroisant?

Division en groupes. Est-ce que le terrain à examiner se laisse diviser en groupes distingués par des caractères particuliers tirés de la configuration extérieure et de la nature des roches?

Les réponses consciencieuses à toutes ces questions, donnent à la description topographique d'une contrée un degré d'exactitude qu'elle ne peut avoir sans la géologie.

CHAPITRE II.

Configuration extérieure.

Chaque grand dépôt imprime un aspect particulier aux proéminences et au pays qu'il forme, de manière qu'un géologue exercé ne peut guère s'y tromper en grand, la possibilité des erreurs étant restreinte aux seuls cas et accidents subordonnés. Ces formes se laissent la plupart si bien définir que même leur première vue devient une vieille connaissance pour ceux qui n'en ont vu que des descriptions. A plus forte raison ceux qui ont étudié la nature même, possèdent la faculté de pouvoir déchiffrer de fort loin, ce qui ne paraît au vulgaire que des hiéroglyphes ou une confusion bizarre.

Il faut avouer que jusqu'ici cette matière n'a point encore été traitée avec toute la précision désirable, ni présentée sous toutes ses faces et avec les caractéristiques nécessaires. Une suite de dessins bien fidèles graveraient bien plus vite les objets dans la tête du commençant, que de minutieuses descriptions. Ainsi, par exemple, si de bonnes représentations de Staffa ou de la Chaussée des Géants, seront toujours d'excellens guides pour reconnaître des colonnades basaltiques, un but analogue serait atteint par des vues bien faites de montagnes en partie schisteuses, en partie granitiques, siénitiques ou porphyriques, par des oppositions du relief de hauteurs de grès secondaire avec ceux des grauwacke, des trapps etc. Pour les personnes exercées, de très mauvais dessins restent même déchiffrables. Je crois donc utile de résumer ici rapidement les principales configurations géologiques.

Les *roches schisteuses cristallines* forment en général des montagnes pointues, plus ou moins triangulaires ou très irrégulièrement polyédriques. Si elles sont élevées il y a beaucoup de déchirures, de grands escarpemens, de profonds ravins; si elles sont basses, les pentes sont douces surtout si les schistes argileux y dominent. La décomposition de ces roches donne lieu à une terre végétale plus ou moins impure, sur laquelle s'établissent des bois souvent de conifères ou du moins des gazons, de manière que les couches n'afflenrent que çà et là.

D'une autre part, lorsque les schistes sont très feldspathiques, qu'ils ont été fort redressés, fracturés et portés à de grandes élévations par suite de soulèvemens répétés, le géologue a devant soi des crêtes dentelées, déchiquetées, escarpées, de grandes murailles, des séries de colosses de rochers, des aiguilles, des pics et des glaciers. Le groupe du Mont Blanc est un bon exemple de ce dernier genre.

Les montagnes de *schistes argileux pures* ou *argilo-calcaires* sont caractérisées par un sol noir et des éboulis nombreux et souvent effroyables, ainsi que par des arêtes quelquefois très minces. (Exemples : le Valais, la Tarentaise, le Dauphiné, etc.)

Les *roches quarzeuses* ont frappé les voyageurs de tous les pays par les formes hardies de leur sommités; moins décomposables que les schistes, qui les renferment. Elles ressortent sous forme de murailles plus ou moins blanches; lorsqu'elles forment des couches continues ou constituent des cônes isolés, escarpés, pointus et sans végétation, quand elles sont plutôt en amas. Plusieurs districts de l'Inde centrale sont caractérisés par ces murs quarzeux, tandis que l'Écosse offre plusieurs sommités coniques du genre de celles qui nous occupent (Schihallion etc.). Partout le quarzite a la propriété de

présenter au moins des escarpemens ou des rochers nuds.

Le *calcaire grenu* ou *compacte* produit, dans le terrain ancien, quelques sommités assez brusquement bombées, plus souvent des proéminences allongées et dans les vallées, des escarpements, des rétrécissements ou des défilés, quelquefois avec des grottes. C'est encore la différence de décomposition relative du calcaire et des schistes, qui est la source de ces accidens. Ils rendent les vues de montagnes beaucoup plus pittoresques et ils ont provoqué çà et là l'établissement ancien de forts et de châteaux. On peut citer comme exemples caractéristiques, le Valais, les vallées de la Murz et de la Mur, en Styrie, etc.

Les *dolomies* ont à peu près les mêmes propriétés de configuration que les calcaires, si ce n'est qu'elles sont bien plus sujettes à produire beaucoup d'éboulis et d'écroulements. Des sommités en pics, des colosses avec des formes très remarquables ne sont guère que le propre des dolomies secondaires.

La *grauwacke* et les *schistes moins cristallins* ayant conservé plus de leur nature neptunienne originaire, s'élèvent en montagnes à pentes en général peu fortes, à petits escarpemens et petits éboulis. La végétation les couvre en grande partie, lorsque du moins le climat le comporte.

Les *grès houillers* donnent lieu à des contrées ondulées, dont les mouvemens du sol sont encore adoucis le plus souvent par de grandes alluvions. Ce sont des pays de plaines ou de monticules, qui peut-être ne se distingueraient pas toujours de certaines contrées de grès tertiaires, si diverses éruptions n'étaient pas venues les traverser et si des failles ne les avaient pas accidentés d'une manière étrangère au sol tertiaire.

Les *grès rouge* et *vosgien* sont très caractérisés par leurs massifs de montagnes à formes carrées, à sommets applatis et souvent à beaux bois sur un sol graveleux. Si des parties se détachent fortement du corps principal des montagnes, elles donnent lieu, comme dans les Vosges et une partie du Thuringerwald, à des buttes assez pittoresques et à de petits escarpements assez abruptes pour avoir pu servir ou servir encore à l'établissement de châteaux forts.

Les contrées de *grès bigarré et de keuper* ressemblent à une mer couverte de vagues allongées; la végétation a prospéré sur un terroir argileux; de petits plateaux y sont produits par des séries de couches plus dures, et le gypse y constitue à lui seul des mamelons isolés, ou bien il a préservé de la destruction les petites masses argileuses qui le surmontaient.

Le *muschelkalk* apparaît, en montagnes allongées, à petits plateaux, à pentes douces; sur leur pourtour supérieur paraissent çà et là des escarpements ou des rochers formés par une portion dure du dépôt calcaire. Ailleurs, s'il y a redressement, ce sont des ondulations à pentes plus fortes d'un côté que de l'autre.

Le *lias* des pays de plaines occupe en général des contrées à très petites proéminences, à sol argileux, ou bien il forme le premier échelon d'une série de terrasses comme sur le pied nord du Jura d'Allemagne. Comme toutes les assises argileuses du système jurassique ou crétacé, le lias est plutôt la place des vallées, des bas-fonds que celle des monticules, dernier accident restreint aux localités les plus élevées des rivages sur lesquels le lias se soit déposé. Ses grès et ses gypses sont surtout la cause des élévations qu'il constitue çà et là.

Le *calcaire jurassique* non accidenté est bien carac-

térisé par ses plateaux en gradins plus ou moins éloignés, par ses vallées évasées à fond souvent argileux, et par de petits escarpements ou rochers, qui séparent la surface des plateaux d'avec les pentes douces des anfractuosités, et qui ont été les falaises de la mer crétacée (exemple St.-Mihiel). Lorsque ce dépôt a été très tourmenté, comme dans le Jura suisse et français, les couches contournées et déchirées produisent une série de vallons profonds à pentes assez fortes et à formes plus ou moins elliptiques, tandis que les sommités sont couronnées de rochers nus, crénelés, ou du moins à grands escarpements sur certains côtés.

Dans les Alpes, la formation jurassique a pris une configuration toute spéciale par suite des modifications éprouvées, soit dans la nature de ses dépôts, soit dans la position et la continuité de ses masses. Les sommités offrent en général de hautes murailles blanches crénelées, des pics bizarrement découpés, les uns en apparence d'une seule pièce, les autres distinctement stratifiés, tout est nu et très sauvage dans ces régions élevées, tandis qu'une riche végétation s'est établie sur le pied des montagnes couvertes de talus de débris. Les pentes sont partout assez fortes, et le long des vallées les escarpements abondent. Enfin, tout le système de ces montagnes est traversé de part en part de fentes ou vallées extrêmement profondes, les seules voies pour traverser aisément ces rangées de murailles.

Dans le *terrain crétacé*, on distingue aussi le *facies* de la craie des plaines et celui des montagnes crayeuses. Dans les premières, la craie constitue de vastes plateaux avec un horizon en apparence sans fin ou de très faibles ondulations à cavités; il y a aussi des falaises sur le bord des profonds vallons ou le long de la mer. Le grès vert forme un contraste complet à côté de la craie, par ses étendues

de pays sableux et souvent couverts de conifères ou d'autres arbres, par ses affleurements arénacés et leurs teintes non blanchâtres. Des cours d'eau se sont souvent creusé leur lit dans les parties argileuses de ces dépôts.

Si on se porte dans les Alpes, les Pyrénées, les Carpathes, le Caucase, etc., le système des grès fort tourmentés forme des séries de montagnes couvertes de mamelons pointus, en même temps que çà et là certaines couches, tels que des calcaires scaglia ou à hippurites, ou à nummulites, y constituent des murailles crénelées ou de grandes sommités isolées.

Le *sol tertiaire* est caractérisé par des ondulations légères, des plateaux bas à pentes très douces et des vallées fort évasées, remplies d'alluvions, et arrosés par les plus grands fleuves du globe. Si le terrain est sableux, le sol est en général aride ou boisé; s'il est argileux, il est très fertile et couvert de végétations de toute espèce. S'il y a du gypse, des buttes s'en élèvent çà et là comme pour indiquer sa présence; s'il y a du calcaire, il produit de petits escarpements le long des vallées.

Enfin les grandes *alluvions* anciennes, comme les *dunes* de sables, ont aussi, vues en grand, leur aspect particulier.

Quant aux *dépôts non stratifiés*, les *masses granitiques* considérables s'élèvent en général en mamelons à sommets surbaissés, et laissent apercevoir çà et là des cavités circulaires ou elliptiques entourées d'escarpements, espèce d'entonnoirs, dont le fond est quelquefois occupé par des lacs. Le plus ou moins de végétation y dépend de la composition de la roche, qui varie suivant sa nature et sa structure massive ou sa division en feuillets.

Les *porphyres* forment des espèces de cloches ou des

séries de buttes côniques plus ou moins mal séparées ; plus ces dernières sont élevées, plus leurs contours deviennent apres. Dans les *trachytes* ce sont non-seulement de véritables dômes, mais encore des cônes recouverts de débris, ainsi que des buttes en liaison avec des petits plateaux inclinés.

Les *phonolites* constituent des montagnes pointues, quelquefois divisés en prismes, ou de gros mamelons superposés à divers terrains.

Les *siénites* ordinaires ont à peu près la forme des montagnes de granite ; se prêtant souvent à la décomposition, leurs contours sont assez doux, comme dans le cas des porphyres siénitiques.

Les *siénites hypersthéniques,* très difficiles à se décomposer, offrent des formes très prononcées, des arêtes déchiquetées ou des montagnes carrées, à sommets rabattus, et à grands escarpements tout-à-fait dépourvus de végétation.

L'*euphotide* se rapprocherait, jusqu'à un certain point, de cette dernière roche, si elle n'était pas ordinairement associée avec la serpentine, roche tendre ; ce qui fait que le plus souvent ces deux dépôts donnent lieu à des montagnes ou des masses de rochers bizarrement mamelonnés, nus et de teintes noires foncées.

Les *roches trappéennes*, comme les diorites, produisent des séries de buttes en dos d'âne, qui n'offrent que çà et là des escarpements, la végétation s'y établissant aisément. Si ces dépôts ont lieu en nappes, ils sont en terrasses quelquefois à escarpements en colonnades.

Le *basalte* change de configuration suivant ses gisements : en culots, il forme des buttes isolées souvent élevées ; en filons ou dykes, il produit des murailles ou de petits escarpements ; tandis qu'en nappes il se divise comme le trap en terrasses inclinées, placées en séries

semblables à des échelons et çà et là avec des colonnades de prismes.

Enfin les *volcans éteints* et *brûlants* sont très reconnaissables par leurs cônes tronqués à cratère, ou leurs cratères échancrés d'un côté, leurs flancs stériles, couverts de coulées, de scories et de cendres, et leurs autres indices d'embrâsements souterrains.

Si telle est la caractéristique des formes géologiques principales, on voit que son application devient surtout très utile dans les pays où il y a une grande variété de dépôts divers. On trouve ainsi à s'orienter en gros pour arriver plus promptement au travail de détail.

Néanmoins il ne faut pas oublier d'ajouter que la vue des formes seules ne peut suffire, puisque quelques-unes de ces dernières doivent nécessairement rester toujours cachées aux yeux de l'observateur, et d'autres peuvent se trouver modifiées par des accidents particuliers. Ainsi, pour donner un exemple, la destruction alluviale d'un culot de basalte peut avoir réduit une butte une fois très considérable à un mamelon imperceptible; un renversement de stratification peut avoir enfoui tout un dépôt, etc.

Lorsqu'on examine une contrée, il faut donc d'abord analyser l'effet visuel qu'elle produit, puis on tâchera de voir les rapports de la stratification avec les formes des proéminences, et on pourra se faire les questions suivantes.

Une coincidence parfaite ou imparfaite a-t-elle ou n'a-t-elle pas lieu entre les couches et la forme extérieure du terrain?

Est-ce qu'on observe une grande différence dans les configurations? Quelques-unes de ces dissimilitudes proviennent-elles des mêmes dépôts ou indiquent-elles toujours différents dépôts? La hauteur relative de ces derniers a-t-elle une influence à cet égard?

Si le pays est plat et d'un niveau presque uniforme, on pourra avoir à se demander si les formes extérieures correspondent encore à celles des formations recouvertes par des dépôts plus modernes? ou bien s'il est possible de déterminer, par des notions sur la puissance de ces derniers, la forme présumable du terrain inférieur?

Si, au contraire, on a devant soi une contrée de montagnes, on aura à distinguer les chaînes alpines en plusieurs échelons d'après leurs élévations et leurs formes; après cela on passera à la part que la décomposition a eu dans la production de la physiognomie des terrains ou des montagnes. On examinera les roches qui sont le plus ou moins sujettes à se décomposer. Enfin on aura à estimer les changements grands ou peu considérables que la culture, les carrières en général, les travaux publics ont pu apporter à la forme des montagnes, et on tâchera de rétablir, par la pensée, les choses dans leur état originaire.

CHAPITRE III.

Structure des montagnes, leur réunion en chaînes ou en groupes.

§ I. Formes et groupements.

La *dénomination* précise des montagnes, est une chose capitale pour le géologue; quelquefois elles ont des noms multiples, soit qu'on parle dans le pays plusieurs langues, soit qu'on ne s'accorde pas sur l'étendue de terrain que doit comprendre tel ou tel nom.

Si les dénominations tirées des délimitations politiques (1) n'ont aucun intérêt pour les géologues, les au-

(1) Ex. : Les montagnes portant les noms de forts établis sur une frontière ou ceux d'anciens postes militaires d'observation, tels

tres, au contraire, sont fort intéressantes, parce que, inventées par les habitants des lieux mêmes, elles se basent sur quelques faits physiques, tels que la forme, la couleur, la végétation, la météorologie locale, la nature géologique, la géographie, etc. Je me contenterai des exemples suivants : le pic de Ténériffe, le pain de sucre de Ceylan, le Capucin, la Tuilière (Mont-Dore), le Dachstein, (montagne en toît, en Autriche), la Chaussée des Géants, le Mont-Blanc, le Mont-Rose, le Schneeberg, en Autriche, les Green-Mountains, aux États-Unis, la Roche Rouge du Velay, appelée ainsi à cause de certains lichens, le monte Selice, dans les Euganées, nommé ainsi pour son trachyte siliceux, les monts Dore, source de la Dore, etc.

Dans l'examen d'une montagne on, doit considérer, 1° sa forme générale; 2° celle de son sommet conique ou pointu, tronqué, ou aplati, etc.; 3° les coupes horizontales de sa base; 4° la distribution de ses pentes et leurs inclinaisons; 5° l'élévation absolue de son sommet et de sa base; 6° la nature de sa surface, ses roches, ses éboulis, sa végétation, etc.

Voici quelques questions qu'on peut s'adresser :

Plusieurs montagnes ne sont-elles réellement que des sommités d'une seule montagne, séparées par des anfractuosités? Quelles sont les branches qui partent de la montagne qui est la plus centrale ou la plus élevée du pays? De quels points peut-on jouir des vues les plus étendues?

Est-ce que les montagnes sont liées en chaînes? Si c'est le cas, quelle est la direction et la largeur de ces der-

---

qu'il en existe le long de toute la Méditerranée. (*Montagna della Guardia*, etc.)

nières ? Est-ce que leur hauteur diminue proportionnellement à leur largeur ?

Est-ce qu'il y a plusieurs chaînes parallèles ou non parallèles, décrivant des lignes droites ou des lignes courbes et séparées par des vallées plus ou moins larges et profondes ? Est-ce qu'on observe une certaine liaison entre les différentes séries de rides ? Sont-elles découpées et fracturées çà et là ?

Est-ce que les chaînes vont en s'abaissant depuis celles qui sont le plus élevées, de manière à former, prises en masse, un plan incliné, comme cela a lieu dans le Jura français? ou bien n'observe-t-on aucune règle à cet égard?

Est-ce que plusieurs chaînes réunies ensemble forment en grand, pour ainsi dire, une muraille surmontée d'un plateau, comme cela a lieu dans le Jura d'Allemagne? Dans ce cas, les pentes sont-elles égales ou non des deux côtés, et les limites de ces massifs sont-elles partout bien tranchées?

Dans quels rapports l'orographie des séries de rides élevées se trouvent-elles avec celles des ondulations des pays bas voisins?

La chaîne examinée se partage-t-elle en *groupes isolés* ou amas de montagnes, ayant chacun leur configuration particulière ? Est-ce qu'il y a des liaisons entre ces groupes, ou bien sont-ils séparés par de profondes cavités? Dans ce cas, quelles sont les directions de ces dernières? Observe-t-on à cet égard beaucoup de régularité ou d'irrégularité?

Est-ce que les montagnes ont ou n'ont pas de contreforts, et s'en détache-t-il des *branches subordonnées?* Sous quels angles ont lieu ces partages? Est-ce que l'élévation de ces ramifications diminue à mesure qu'elles s'éloignent du tronc principal? Est-ce qu'elles se terminent dans le district des montagnes ou dans les plaines adjacen-

tes, et éprouvent-elles des subdivisions latérales ou à leurs extrémités?

§ II. Pentes des montagnes.

Quelle est la nature des pentes sur les divers côtes des montagnes et des chaînes? Sont-elles courtes ou rapides, douces ou insensibles? Certains versants ont-ils des pentes infiniment plus fortes ou moins fortes que d'autres? Est-ce que cette différence est assez considérable pour modifier complètement l'aspect du pays? Quelles en sont les causes? Est-ce que de grands cours d'eau sont au pied des pentes abruptes, et ce cas peut-il être généralisé, ou bien tout le contraire a-t-il lieu?

Les pentes sont-elles si fortes qu'elles ne permettent pas de grandes végétations? Sont-elles couvertes de rochers, d'éboulis ou d'alluvions?

Les pentes peuvent-elles se diviser en un certain nombre de terrasses ou d'échelons, et, dans ce cas, observe-t-on une différence de hauteur et d'inclinaison dans les talus séparant les terrasses? Quelle est la nature du sol superficiel et la végétation des talus et des terrasses?

§ III. Les cols ou les ports.

Quelle est leur hauteur absolue? Atteignent-ils ou dépassent-ils la limite des neiges perpétuelles? Dans quels rapports orographiques sont-ils avec les sommités qui les dominent? Quelles cimes de montagnes laissent-ils apercevoir? Quelles sont leurs directions? Occupent-ils un grand ou petit espace? Quelle est leur longueur, leur largeur et leur forme?

Produisent-ils des cavités en ligne droite ou en ligne courbe? Les reliefs de leurs flancs présentent-ils quelque

correspondance de formes pouvant faire supposer des érosions aqueuses ou des déchirements violents?

Leur fond ou leur milieu renferment-ils des cavités sèches ou remplies d'eau avec ou sans canal d'écoulement? Leur fond est-il pierreux, gazonné ou tourbeux? Y observe t-on des rochers ou des blocs de matières étrangères aux montagnes voisines?

§ IV. Les crêtes de montagnes.

Est-ce que les crêtes forment des arètes continues ou interrompues, uniformes, mamelonnées ou crénelées, ou ciselées, ou très bizarrement découpées? Est-ce qu'elles donnent lieu à des dos d'âne, à de petites plaines ou des plateaux? Dans ce cas, quelle est l'étendue de ces derniers?

Est-ce que les crêtes sont dominées par des masses de rochers, des murailles, des colosses, des pics? Si c'est ainsi, ces massifs peuvent-ils servir à apprécier l'ancienne hauteur des montagnes? Sont-ce des couches, des bancs ou des filons ayant résisté à la destruction? Ou bien doit-on attribuer ces protubérances à des accidents particuliers de soulèvement, de redressement ou d'écroulement?

Si ces crêtes offrent une série de pics, quelles sont les roches qui les composent? Faut-il se contenter des débris à leur pied pour arriver à cette connaissance? Quels y sont les effets de la décomposition atmosphérique?

§ V. Hauteurs des montagnes.

Pour prendre une idée de la hauteur moyenne absolue d'une chaîne, il faut mesurer ses crêtes et ses cols, et non pas s'attacher à quelques sommités fort proéminentes.

Mesure barométrique de hauteurs. L'exposition entière de la théorie des mesures barométriques de hauteur serait hors de place dans ce Guide ; il faut consulter pour cela les ouvrages ou les mémoires de Pascal, de Mariotte, de Halley, de Deluc, de Leroy, de Trembley, de Shuckburgh, d'Oltmanns, de Ramond, de Laplace, de M. d'Aubuisson, de M. Biot, de M. Gauss, de M. Bohnenberger, de M. G. G. Schmidt, de M. Littrow, etc.

La pression de la colonne atmosphérique est toujours égale à celle de la colonne mercurielle dans le tube du baromètre, d'après la loi sur la place occupée par des fluides d'inégale pesanteur, dans des tubes en communication l'un avec l'autre.

Lorsque la pression de l'air diminue, la colonne mercurielle descend. Si l'air avait partout la même densité, les différences de hauteur de la colonne de mercure dans divers lieux donneraient la hauteur perpendiculaire des couches d'air qui sont interposées entre ces localités; mais comme l'air éprouve la pression de ses couches supérieures, et que cette pression diminue de bas en haut dans une progression fixe, en conséquence les poids de couches d'air à égale hauteur diminuent dans le même rapport qu'augmentent les hauteurs de couches d'égale pesanteur. Il s'ensuit que les diminutions dans la hauteur de la colonne mercurielle indiquent des augmentations proportionnelles de hauteur dans les couches d'air.

D'un autre côté, comme la densité de l'air est directement proportionnelle à la hauteur du mercure et inversement proportionnelle à la hauteur des couches d'air, on ne peut donc déterminer cette dernière que par la comparaison d'observations barométriques faites dans deux stations. Or, cette donnée s'obtient de deux manières.

On peut supposer l'air composé d'une série de couches ayant des hauteurs augmentant d'une quantité toujours égale, et on peut d'avance fixer, pour chacune d'elle, des hauteurs décroissantes de la colonne mercurielle dans le baromètre. C'est la *méthode par couches* de Mariotte, tandis que Halley a préféré de prendre les hauteurs de la colonne mercurielle décroissantes en série géométrique, comme les logarithmes des hauteurs des couches d'air augmentant en série géométrique. Ce dernier mode est la *méthode logarithmique*.

Pour comprendre ces deux méthodes, il faut se rappeler que la pesanteur spécifique du mercure est à celle de l'air comme 10,494 : 1, et que le baromètre marquant 28° po. de Paris, et à une température de zéro centigrade tant de l'air que du mercure, la hauteur de la colonne aérienne doit être égale à 10,494 × 2 1/3 pied. = 24,489 pieds. Maintenant si on divise l'air en 2,800 couches ayant des hauteurs toujours croissantes, on obtient la table suivante des élévations des couches d'air, correspondantes aux hauteurs de la colonne mercurielle, et leurs sommes, donc aussi les hauteurs verticales séparant les deux stations.

HAUTEUR DE LA COLONNE MERCURIELLE.	FACTEUR.		HAUTEUR DES COUCHES D'AIR.	SOMMES DES HAUTEURS EN PIEDS
28,00 C.	$\frac{1}{2800}$ ×	24489	8,746 pieds.	0,000
27,99	$\frac{1}{2799}$ ×	—	8,749	8,746
27,98	$\frac{1}{2798}$ ×	—	8,752	17,495
27,97	$\frac{1}{2797}$ ×	—	8,755	26,250
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
27,80	$\frac{1}{2780}$ ×	—	8,809	175,516

D'après cela une différence de 0,2 dans la hauteur de la colonne mercurielle, équivant à 175,5 p. Paris; et ainsi on voit qu'une différence de 3 pieds est encore appréciable dans les mesures barométriques, car, au moyen d'un nonius bien délicat, on peut distinger sur un bon baromètre une $\frac{0{,}01 \times 12}{3}$ lig. = 0,04, c'est-à-dire 1/25 de ligne.

En plaçant à côté les uns des autres les chiffres de la première et de la seconde colonne, on n'a qu'à déduire les nombres correspondants aux observations barométriques faites dans les deux stations, pour obtenir la hauteur verticale des couches d'air interposées entre elles. Mais pour arriver à un résultat exact, il faut avoir égard aux corrections suivantes :

1° Comme la pesanteur spécifique du mercure est prise à 0° cent., et que chaque degré de température allonge la colonne mercurielle de $\frac{1}{5550}$ de son volume, sans augmenter son poids, il faut multiplier la hauteur mesurée de la colonne par $\frac{T}{5550}$, et ce produit pour T en degrés centésimaux du thermomètre attaché au baromètre, doit être ajouté, si ces degrés sont sous le zéro, et soustraits, s'ils sont au-dessus, de manière que la hauteur mesurée étant = H, la hauteur corrigée = H', on a $H' = H\left(1 + \frac{T}{5550}\right)$.

Si l'échelle est sur un tube de laiton, comme dans les baromètres de Fortin et de Horner, elle éprouvera aussi une dilatation, et la correction en sera d'autant plus diminuée. La dilatation du laiton est pour chaque 1° C. = 0,000019, ou = $\frac{1}{52636}$, la correction sera donc = $\frac{T}{5550}$ —

$\frac{T}{52636}=\frac{T}{64,10}$. De plus il faut faire cette correction aux observations barométriques des deux stations.

2° La chaleur dilate l'air, et ses couches doivent augmenter en hauteur, proportionnellement à cette dilatation, ce qui donne lieu à la correction la plus considérable dans les mesures de hauteur par le baromètre. Il est très difficile de déterminer exactement la température de la couche d'air dont on veut mesurer la hauteur, ce qui rend aisément incorrectes les mesures de grandes hauteurs, tandis que celles de moindres élévations peuvent être faites avec une précision étonnante.

On part de la donnée que la température de la couche d'air à mesurer est moyenne entre celles observées aux deux stations inférieure et supérieure : donc indiquant la première par t et la seconde par t', on aura $\frac{t-t'}{2}$. La dilatation de l'air s'élève pour chaque degré centigrade $=0,00375$ ou $\frac{1}{266,67}$, son volume à $0° = 1$, donc la hauteur obtenue sera à multiplier par

$$\frac{t+t'}{2 \times 266,67}=\frac{t+t'}{533,33}$$

et le produit ainsi obtenu est à ajouter, ou il faut multiplier la hauteur obtenue par $\left(1+\frac{t+t'}{533,33}\right)$ en se rappelant que la seconde partie du facteur devient négatif, quand les sommes des deux indications du thermomètre à l'air libre se trouvent au-dessous de zéro centigrade.

3° L'air atmosphérique n'est jamais tout-à-fait dépourvu d'humidité, ce qui rend ses couches plus légères. et en diminuant la hauteur de la colonne mercurielle, cet accident fait assigner aux couches d'air une plus grande élévation qu'elles n'en ont réellement.

Dans ces derniers temps, on a proposé une correction particulière pour remédier à cette cause d'inexactitude, mais comme elle exige une mesure hygrométrique très précise qu'on ne peut guère attendre du géologue voyageur, il suffit d'employer la correction pour l'humidité donnée par Laplace et de la réunir avec celle pour la température, de manière que le facteur des deux corrections réunies devient $\left(1+\frac{t+t'}{500}\right)$.

4° Il faut encore corriger les résultats obtenus d'après les degrés de latitude sous lesquels les observations ont été faites, car on a reconnu que la pesanteur n'était pas la même sur toute la terre. On se sert pour cela d'une table construite par M. Biot et donnée plus bas.

5° Enfin la force de gravité diminuant avec la hauteur, on a aussi une correction a faire à cet égard; mais cette diminution est heureusement peu considérable : d'ailleurs on ne peut pas supposer au géologue-voyageur le temps nécessaire pour de semblables calculs, ce qui oblige à les supprimer. Du reste les mesures de très hautes montagnes ne peuvent être exactement calculées, qu'à tête reposée, d'après des observations faites très soigneusement et avec toutes les données suffisantes.

La *méthode logarithmique* de Halley pour mesurer les hauteurs par le baromètre, repose sur les mêmes principes que la précédente. Si les différences de hauteur de la colonne mercurielle sont les logarithmes des couches d'air croissantes en progression géométrique, les premières données fourniront les secondes. Donc appelant H et h les hauteurs du baromètre et l'élévation mesurée $= x$, on aura $x =$ log. nat. H — log. nat. h, ou $x =$ log. nat. $\frac{H}{h}$ Mais ceci ne peut être exact que lorsque les hauteurs obtenues ont été multipliées par le

rapport de la pesanteur spécifique du mercure à celle de l'air, ce qui donne $x = 24489 \log. \text{nat.} \frac{H}{h'}$, et comme il est plus commode d'employer les logarithmes ordinaires que les naturels, on multipliera le facteur constant par le module des premiers, $= 2{,}302585093$, et on obtiendra $x = 56338 \log. \frac{H}{h'}$, lorsque la hauteur $= x$ doit être trouvée en pieds de Paris.

Néanmoins cette formule exige aussi toutes les corrections mentionnées. Ainsi, d'après ce qui a été dit au N° 1, il faut convertir les hauteurs de la colonne mercurielle observées $= H$ et h en celles corrigées $= H'$ et h'; d'après le N° 2, il faut prendre le facteur pour la correction de la chaleur; d'après le N° 3, celui pour la correction de latitude $= \varphi$, mais on peut encore négliger les corrections indiquées sous les N°s 4 et 5. D'après cela la formule complète serait :

$$x = 56388 \left(1 + \frac{t + t'}{600}\right)(1 + 0{,}002711 \cos. 2\varphi) \log. \frac{H'}{h'}$$

Voici ce que devient la table qui contient les facteurs avec lesquels on doit multiplier les hauteurs obtenues pour les corriger, d'après les degrés de latitude :

LATITUDE.	FACTEUR.	LATITUDE.	FACTEUR.
0	. . $+ \frac{1}{355}$	50	. . $- \frac{1}{2034}$
5	. . $+ \frac{1}{358}$	55	. . $- \frac{1}{1050}$
10	. . $+ \frac{1}{372}$	60	. . $- \frac{1}{706}$
15	. . $+ \frac{1}{407}$	65	. . $- \frac{1}{547}$
20	. . $+ \frac{1}{460}$	70	. . $- \frac{1}{460}$
25	. . $+ \frac{1}{546}$	75	. . $- \frac{1}{401}$
30	. . $+ \frac{1}{703}$	80	. . $- \frac{1}{375}$
35	. . $+ \frac{1}{1050}$	85	. . $- \frac{1}{358}$
40	. . $+ \frac{1}{2454}$	90	. . $- \frac{1}{355}$

Pour la *mesure des hauteurs par le baromètre*, il faut avoir encore égard, dans la pratique, aux *règles suivantes :*

1° Quand on mesure aux deux stations avec le même baromètre, la précision de l'instrument n'est pas absolument nécessaire, tandis que si on emploie deux baromètres, il faut les comparer ensemble, quoiqu'on ne doive s'attendre à trouver que très peu de différence dans ceux construits par d'habiles artistes;

2° Les stations des deux baromètres comparés ne doivent pas être trop éloignés les uns des autres, car, sans cela, les instruments peuvent être influencés aisément par des causes locales. Lorsque cela est possible, il est bon d'établir ses comparaisons sur deux baromètres, entre lesquels l'instrument dont on se sert pour mesurer tienne le milieu.

Si on veut trouver la hauteur absolue des points à mesurer, il faudra connaître l'élévation au-dessus de la mer de la station ou des stations où l'on fait des observations barométriques comparatives. Il n'est pas assez exact de calculer les hauteurs absolues d'après la hauteur moyenne de la colonne mercurielle au niveau de la mer; car le baromètre varie trop à cet égard dans les latitudes moyennes et élevées: cette méthode ne pourrait tout au plus être employée que sous l'équateur et dans des latitudes très basses, où le baromètre est beaucoup plus stationnaire;

3° Il faut savoir aussi bien apprécier, à la vue, la hauteur véritable de la colonne de mercure, et prendre exactement la température de l'air. Pour le premier point, il est prudent de suspendre le baromètre à l'ombre ou, faute d'ombre naturelle, à celle d'un manteau ou de tout autre objet, puis il faut attendre qu'il soit refroidi convenablement, lorsqu'il aura

été échauffé par la main du porteur ou l'exposition au soleil. De plus, il faut faire osciller quelquefois la colonne, du mercure, surtout dans le baromètre à siphon, et, quelques minutes après cela, lire l'indication de la hauteur.

En général on fera bien d'observer le point d'ascension de la colonne mercurielle tout de suite après avoir suspendu l'instrument, et immédiatement avant de le décrocher et de l'empaqueter, afin de pouvoir contrôler l'observation véritable avec celles faites à ces deux derniers instants.

Quant à la manière de *prendre exactement la température*, il faut avoir encore plus de précautions pour éviter des sources locales de chaleur, telles que celles dérivant des endroits exposés à l'ardeur du soleil. Il faut donc non-seulement suspendre son thermomètre à l'ombre, mais encore tâcher d'éviter, autant que possible, ces causes d'inexactitude.

Enfin il est commode, en voyage, de se préparer, une fois pour toutes, une espèce de tableau approprié à l'indication des observations; ainsi l'état du baromètre à la station inférieure serait marqué par B; l'état du thermomètre attaché au baromètre, par T; celui du thermomètre suspendu dans l'air, par t; puis, pour la station supérieure, on se servirait des mêmes lettres avec des primes.

Ex. : Station, jour, heure B = 331,22 l. T = 24° C. t = 20° C.

— — — B' = 320,59 . T' = 18° C. t' 14° C.

4° Il faut tâcher que les observations faites sur le baromètre ou les baromètres à stations fixes aient lieu, autant que possible, dans les mêmes moments que celles en voyage. Si cela n'a pas pu se faire, ou si l'on n'a employé qu'un baromètre avec lequel on est retourné à la première station, il faut recourir au moyen;

quoique peu sûr, d'introduire dans le calcul un changement barométrique proportionnel à l'intervalle écoulé entre les deux observations. Ainsi par exemple :

Station inférieure, 9 h. 3m B =334,22 l. T =22° C. t =18° C.
Station supérieure, 11 h. 15m B'=320,15 l. T'=15° C. t'=12° C.
Station inférieure, 4 h. 21m B =332,86 l. T =23° C. t =25° C.

Le baromètre aurait varié, en 7 heures 18 minutes, de 1,36 l.; mais comme 2 heures 12 minutes se sont écoulées entre la seconde et la première observation, il en résulte, d'après l'admission incertaine de l'égalité, que le changement du baromètre est :

$$\frac{2\text{ h. } 12\text{ m.}}{7\text{ h. } 17\text{ m.}} \times 1{,}36\text{ l.} = \frac{2{,}2}{7{,}3} \times 1{,}36\text{ l.} = 0{,}30137$$
$$\times\ 1{,}36\text{ l.} = 0{,}4098632\ldots\text{ l. ou en nombres ronds } 0{,}41\text{ l.}$$

Il faut soustraire cette dernière somme de la hauteur du mercure à la station inférieure, parce que cette hauteur est moindre que dans la première station, alors on obtient B=333,81 l. Si le baromètre avait monté, il aurait fallu au contraire additionner l'augmentation d'ascension.

5° J'ai déjà dit que les plus grandes sources d'erreurs dans les mesures barométriques provenaient d'une détermination inexacte de la température de l'air; or, il est très difficile d'obtenir cette dernière avec toute la précision désirable, parce que la diminution de la chaleur de l'atmosphère, à mesure qu'on s'élève, est soumise à des variations correspondantes aux différents moments du jour. Comme on ne peut pas donner, à cet égard, de règles fixes et satisfaisantes, il suffira de remarquer, en général, que les observations ne doivent se faire qu'environ quatre heures après le lever du soleil, et que les meilleures ont lieu de dix à une heure.

Les jours les plus défavorables sont les jours d'orages, les jours tout-à-fait sereins ou bien ceux pendant lesquels certains districts sont tenus dans l'ombre par des nuages épais et isolés, qui ne se meuvent que lentement. Au contraire, les journées les plus favorables sont celles où un vent passablement fort mêle ensemble les différentes couches d'air sans agir pour cela sur le baromètre.

Pour calculer les hauteurs d'après les observations, on peut se servir de la formule indiquée, néanmoins, pour faciliter les mesures, on a dressé des tables dont celles construites d'après la méthode par couches sont les plus commodes, parce qu'on n'a besoin, dans leur emploi, que des quatre règles (1).

Comme il est agréable de pouvoir calculer les hauteurs tout de suite après l'observation, je joins ici un extrait suffisant des tables de M. Garthe, dans lesquelles B indique, en lignes de Paris, la hauteur du mercure

---

(1) Voy. à cet égard Benzenberg, Beschreibung eines einfachen Reise Barometers. Dusseldorf, 1811, in-8°; et Tubinger Blatter, N. 2 p. 217

Garthe Tabellen fur barometrische Hohen Messungen, Giesen, 1817, in-16.

Lindenau (de) Tables barométriques pour faciliter les calculs de nivellement et de mesures de hauteurs par le baromètre, Gotha, 1809, 8°.

Biot, Tables barométriques portatives etc. Paris, 1811, 8°.

Oltmanns (J.) Tables hypsométriques portatives adaptées aux calculs des hauteurs par le moyen de la formule de Laplace, Paris, 1811, 8°. plus édit. all., en particulier celle de Stuttgard, 1830, 8°.; et celle de Wimann (J.G.) Dresde, 1820, 4°.

Hahn (E.M.) Barometrische Tafeln, Breslau, 1823, 4°, à pl. lith.

August (E.F.) Tafeln zur Berechnung der Hohen nach Barome-

dans le baromètre, H la hauteur correspondante au pied parisien, et Δ la différence pour 0, 1 ligne du baromètre.

B	H	Δ	B	H	Δ	B	H	Δ
348	0,00	0,00	325	1676,7	7,53	302	3472,8	8,20
347	70,46	7,01	324	1752,1	7,56	301	3554,0	8,24
346	141,12	7,02	323	1827,7	7,57	300	3635,0	8,28
345	212,98	7,13	322	1903,6	7,59	299	3717,1	8,30
344	284,05	7,14	321	1979,7	7,60	298	3799,1	8,32
343	355,33	7,15	320	2056,1	7,63	297	3881,3	8,34
342	426,82	7,16	319	2133,7	7,65	296	3963,9	8,36
341	499,51	7,17	318	2210,5	7,67	295	4046,7	8,38
340	571,42	7,18	317	2286,6	7,70	294	4129,8	8,40
339	643,54	7,19	316	2364,0	7,72	293	4213,1	8,42
338	715,87	7,20	315	2441,5	7,75	292	4296,7	8,44
337	788,41	7,22	314	2519,3	7,77	291	4380,6	8,46
336	861,17	7,24	313	2597,4	7,79	290	4467,9	8,48
335	934,15	7,26	312	2675,7	7,81	289	4549,4	8,50
234	1007,3	7,28	311	2954,3	7,84	288	4634,2	8,52
333	1080,7	7,30	310	2833,1	7,88	287	4719,3	8,55
332	1154,3	9,33	309	2912,1	7,92	286	4804,7	8,57
331	1228,1	7,35	308	2991,4	7,94	285	4890,5	8,60
330	1302,1	7,37	307	3071,0	7,96	284	4976,5	8,62
329	1376,4	7,40	306	3150,8	7,98	283	5062,8	8,64
328	1450,9	7,44	305	3230,9	8,06	282	5149,3	8,68
327	1526,6	7,47	304	3311,3	8,10	281	5236,2	8,72
326	1601,5	7,50	303	3391,9	8,18	280	5323,5	8,74

---

ter Beobachtungen fur rheinlandisches Maas. Berlin, 1824, fol.

Winkler (C.L.G.) Tafeln zur Berechnung der Hohentaus beobachteten Baro-u. Thermo-neterstande nebsiden Brigg. Logaritmen aller naturlichen Zahlen von 1 bis 1000, Halle, 1826, 8o.

Horner (J.C.) Tables hypsométriques. Zurich, 1827, 8°.

Klose (W.) Tafeln zur Berechnung der Hohen Unterschiede. Carlsruhe, 1830, in fol.

John (G. A.) Hypsometrische Tafeln, etc. Leipsig, 1832 et Berlin, 1833.

Gailbraith (Will.) Barometric. tables for the use of engineers, geologists a. scientific travellers, Edimb. 1833, 8o.

B	H	Δ	B	H	Δ	B	H	Δ
279	5411,0	8,76	249	8194,2	9,80	219	11335	11,1
278	5498,9	8,80	248	8292,7	9,83	218	11447	11,2
277	5587,1	8,84	247	8391,6	9,86	217	11560	11,2
276	5675,6	8,87	246	3490,8	9,90	216	11673	11,3
275	5764,4	8,90	245	8590,6	9,95	215	11792	11,3
274	5852,6	8,94	244	8690,7	10,0	214	11906	11,4
273	5942,1	8,97	243	8791,2	10,0	213	12021	11,4
272	6032,0	9,00	242	8892,2	10,1	212	12136	11,5
271	6122,1	9,04	241	8993,6	10,1	211	12250	11,6
270	6212,6	9,12	240	9095,4	10,2	210	12367	11,6
269	6303,5	9,18	239	9197,6	10,2	209	12483	11,7
268	6394,6	9,20	238	9300,2	10,2	208	12601	11,7
267	6486,1	6,22	237	9403,2	10,2	207	12719	11,8
266	6578,0	9,25	236	9506,6	10,3	206	12837	11,8
265	6670,2	9,28	235	9610,6	10,3	205	12956	11,9
264	6763,7	9,30	234	9715,0	10,4	204	13076	12,0
263	6856,6	9,33	233	9819,3	10,4	203	13196	12,0
262	6950,0	9,35	232	9925,9	10,5	202	13317	12,1
261	7042,5	9,38	231	10031	10,6	201	13439	12,1
260	7137,8	9,42	230	10137	10,6	200	13561	12,2
259	7231,2	9,46	229	10243	10,7	199	13684	12,2
258	7323,9	6,50	228	10350	10,7	198	13807	12,3
257	7419,0	9,54	227	10457	10,8	197	13931	12,3
256	7514,5	9,58	226	10566	10,8	196	14055	12,4
255	7610,3	9,62	225	10674	10,8	195	14181	12,4
254	7706,5	9,66	224	10782	10,9	194	14310	12,5
253	7803,1	9,70	223	10892	10,9	193	14445	12,5
252	7900,0	9,73	222	11002	11,0	192	14583	12,6
251	7998,3	9,76	221	11113	11,0	191	14738	12,6
250	8096,1	9,78	220	11223	11,1	190	14892	12,7

Pour exposer la méthode du calcul au moyen de ce tableau, il suffit de deux exemples, l'un pour une petite élévation et l'autre pour une plus grande; on verra en même temps que cette table est applicable à la mesure de la presque totalité des montagnes de l'Europe.

Supposons qu'on ait fait les observations suivantes :

$$B = 333,79.\ T = 25^{\circ}\ C.\ t = 5^{\circ},6\ C.$$
$$B' = 328,61.\ T' = 15^{\circ}\ C.\ t' = 5^{\circ},0\ C.$$

Alors corrigeant les deux hauteurs du mercure d'après la formule n° 1, on aura :

Pour la 1re obs. $H' = H\left(1 - \frac{25}{5550}\right) = 333,79\left(1 - \frac{35}{5550}\right) = 332,29$

Pour la 2e obs. $H' = h\left(1 - \frac{15}{5550}\right) = 328,61\left(1 - \frac{15}{5550}\right) = 327,73$

d'après le tableau (1).

Pour 332 lignes.		1154,3	
$2 \times 7,33$ =	14,66		
$0,9 \times 7,33$	6,6		
	21,26	21,26	
		1133,04	1133,04
Pour 327 lignes.		1526,6	
$7 \times 7,47$ =	52,29		
$0,3 \times 7,47$ =	2,24		
	54,53. . . .	54,53	
		1472,07	1472,07
		Hauteur non corrigée.	339,03

Pour la température corrigée, on obtient, d'après le n° 3,

---

(1) Il s'entend que les valeurs calculées et prises dans le tableau pour les dizièmes et les centièmes de lignes, sont à retrancher chaque fois, tandis que des hauteurs en moins correspondent à des hauteurs plus grandes dans la colonne mercurielle. De plus, les dixièmes de lignes sont à considérer comme des nombres entiers, les centièmes doivent être écrits comme des dixièmes, tandis que les nombres donnés dans le tableau sous Δ doivent être calculés comme centièmes de lignes. On n'aura pas non plus besoin de calculer d'abord les dixièmes, puis les centièmes de lignes, comme on l'a fait pour plus de clarté dans le premier exemple, mais on calculera les deux quantités ensemble.

D'après cela on obtient pour la première observation : $2,9 \times 7,33 = 21,26$ et pour $7,3 \times 7,47 = 54,53$.

$$\frac{t + t'}{500} = \frac{5,6 + 5}{500} = \frac{10,6}{500}$$

$$\text{Donc } 339,03 \left(1 + \frac{10,6}{500}\right) = 346,21$$

Cette hauteur doit être corrigée par la latitude géographique d'après le n° 4, ce qui se fait au moyen de la table donnée ci-dessus.

Supposant l'observation faite sous 50° lat. nord, la table donne $\frac{1}{2030}$ à soustraire, et ainsi la hauteur corrigée entièrement sera

$$= 346,21 \left(1 - \frac{1}{2030}\right) = 346,04$$

Calculée d'après la formule de M. d'Aubuisson, on aurait obtenu 345,33

Différence + 0,61 p.

Second exemple. Supposant les hauteurs corrigées des colonnes mercurielles $H' = 346,8$ lignes. $h' = 277,17$ l., la table donne

pour 346 l.	141,12 p.	
pour 0,8	56,16	
	84,96	84,96
pour 277 l.	5587,10	
pour 0,17	15,28	
	5571,82	5571,82
Hauteur non corrigée =		5486,86

De plus, si $t + t' = 25$ C., alors la hauteur corrigée pour la chaleur et l'humidité sera

$$= 5486,7 \left(1 \times \frac{25}{500}\right) = 5761,2 \text{ p.}$$

Calculée d'après la formule de M. d'Aubuisson, on aurait eu 5762,6 p.

Différence 1,4 p.

§ VI. Autres observations à faire sur l'élévation d'une chaîne.

Quels rapports y a-t-il entre les hauteurs de la chaîne et celles des pays environnants?

Dans quel point la chaîne commence-t-elle à acquérir une élévation considérable? Quels sont les dépôts qui dominent dans ces points?

Est-ce que les montagnes composant la chaîne atteignent environ la même hauteur?

Les points culminants sont-ils sur la crête principale ou centrale, ou quelques autres parties de la chaîne atteignent-elles çà et là des élévations égales ou plus considérables?

Est-ce que les hauteurs les plus grandes sont sur les côtés où la pente est la plus rapide? Est-ce qu'une extrémité de la chaîne est beaucoup plus haute que l'autre et quelle est-elle? Ou bien les cimes culminantes se trouvent-elles environ dans le milieu de la chaîne et les montagnes s'abaissent-elles de ce point sur tous les côtés?

Existe-t-il un véritable point central, une sommité la plus élevée, d'où partent les chaînons ou les plus grandes ramifications?

Dans quel rapport les cimes sont-elles avec la limite des neiges perpétuelles? cette limite est-elle ou n'est-elle pas dépassée?

Des faits prouvent-ils l'abaissement graduel et journalier des hautes sommités ou leur destruction continuelle, ou même çà et là leur affaissement produit par diverses causes accidentelles ou physiques, telles que la décomposition, le tassement des masses, etc.?

§. VII. Hydrographie d'une chaîne.

Quels sont les fleuves, les rivières, les torrents ou les cours d'eau, qui proviennent d'une chaîne? Est-ce qu'elle fournit beaucoup ou peu d'eau? Cette eau dérive-t-elle surtout de sources, ou de la fonte des neiges et des glaciers, est-elle très abondante dans certaines saisons? Dans quel rapport la quantité des eaux est-elle avec les différentes saisons?

Est-ce que les cours d'eau principaux ont des lits dans des directions constantes? Y en a-t-il dans plus d'une direction? Combien observe-t-on de ces lignes de sillons? (*Voy.* les articles pour les sources, les rivières et les torrents).

§ VIII. Plantes et animaux d'une chaîne.

Quelle est la distribution des végétaux et des animaux dans les montagnes examinées?

Quelles données fournissent-elles pour y apprécier les hauteurs et la présence de certains dépôts, ou des expositions et des accidents particuliers?

(*Voy.*, à cet égard, plus bas les chapitres XVIII et XIX).

§ IX. Origine probable des chaînes de montagnes.

Quelques montagnes ne sont-elles qu'un dépôt de sources minérales, ou un produit du travail d'êtres marins?

Le vent dominant d'un pays n'est-il pas susceptible de former à la longue avec des sables et des débris calcaires, d'abord des dunes, puis des collines séparées par des vallons?

Certaines montagnes ne sont-elles que des éminences

produites par des dépôts successifs de la mer sur une surface postérieurement abandonnée par cette dernière ou soulevée en masse? Les montagnes ne sont-elles que les convexités les plus élevées de couches contournées et non dérangées ?

Les montagnes sont-elles dues à des redressements de couches? Certaines chaînes sont-elles sorties toute d'une pièce d'immenses crevasses et des profondeurs de la terre?

Y a-t-il des montagnes dues simplement à une force de cristallisation, ayant aggloméré certains sels ensemble dans le sein d'un ancien océan ou d'un lac? Ces montagnes n'atteignent-elles jamais une grande hauteur?

Certaines montagnes ne sont-elles que des amas de laves, s'étant deversées les unes sur les autres depuis un point central?

D'autres montagnes ne sont-elles que des masses volcaniques soulevées sous la forme de matières plus ou moins pâteuses? N'y en a-t-il pas qu'on peut comparer à des boursoufflures en forme de cloches produites par des gaz, qui auraient eu de la peine à s'échapper? Y en a-t-il qui soient le produit de cratères de soulèvemens?

CHAPITRE IV.

Vallées.

§ I. Leur direction.

La contrée ou la chaîne offre-t-elle des *vallées longitudinales* ou courant parallèlement à la direction des masses minérales? Ont-elles une grande étendue? Existent-elles surtout dans les lieux où l'inclinaison des

couches est la plus forte? Servent-elles de limites à deux ou plusieurs dépôts ou à de grandes formations ou même à des systèmes différents de montagnes?

Y a-t-il des *vallées transversales*, c'est-à-dire des vallées qui coupent la direction des couches ou celle d'une chaîne sous un angle plus ou moins voisin de l'angle droit?

Si l'horizontalité des couches caractérise une contrée, les vallées n'offrent-elles aucune constance dans leurs directions? Cette particularité provient-elle de ce que les forces créatrices des vallées ont éprouvé partout la même somme de résistance, tandis qu'il en a dû être tout autrement dans des contrées à couches inclinées, où la formation des sillons a eu lieu alors plutôt dans certaines directions que dans d'autres?

Une vallée ne paraît-elle avoir été qu'un fond de mer ou un ancien lac ou une série de lacs écoulés? Est-ce que des masses alluviales divisent une vallée en un certain nombre de cavités plus ou moins isolées?

§ II. Leur longueur.

Où commence la vallée? Est-ce à un col, au pied d'une montagne ou d'un cirque de rochers? dans une gorge ou dans une autre vallée?

Est-elle ouverte ou fermée aux deux extrémités? Débouche-t-elle dans un bassin en se retrécissant?

§ III. Leur largeur et leur profondeur.

La vallée est-elle égalcment large partout, ou d'abord une simple petite cavité? La largeur et la profondeur augmentent-elles à mesure qu'on s'éloigne de l'origine ou de la tête de la vallée? A-t-elle la forme d'un canal, comme, par exemple, celle du canal Calédonien? N'é-

prouve-t-elle çà et là que des élargissements de peu d'étendue? Ces derniers, ainsi que les retrécissements, dans quels rapports sont-ils avec la position des couches ou en général avec la constitution géologique du sol? Les roches les plus dures forment-elles les défilés ou les digues qui séparent les parties les plus larges de la vallée?

Dans quelles formations observe-t-on les vallées les plus larges ou les plus étroites? Les rétrécissements et, en général, les vallées étroites sont-elles plus fréquentes parmi les vallées longitudinales ou parmi les vallées transversales? Ces dernières sont-elles plus souvent étroites lorsqu'elles coupent des chaînes que lorsqu'elles traversent des vallées longitudinales? S'élargissent ou s'approfondissent-elles considérablement en arrivant dans des couches plus récentes et moins dures? Ou bien la vallée ne s'élargit-elle qu'à son débouché?

La grandeur de la vallée est-elle assez considérable pour avoir formé jadis le fond d'un détroit de mer ou d'un beaucoup plus grand fleuve que la rivière qui y coule maintenant? Quels sont les indices que des chaînes considérables ont été fendillées ou excavées sous forme de vallées? Est-ce que la vallée s'élargit dans un point, de manière à former un véritable bassin, ou même à contenir une plaine?

La vallée n'est-elle, d'un bout à l'autre, qu'une réunion de petits bassins et de défilés? Ces cavités sont-elles en étages les unes au-dessus des autres? Quelles sont les pentes diverses qui les séparent? Dans quels endroits ces dernières ou les digues se sont-elles le mieux conservées? Les bassins les plus étendus se trouvent-ils dans le bas de la vallée?

La profondeur de la vallée augmente-t-elle beaucoup avec son accroissement en largeur?

§ IV. Rapports de leurs formes.

Quelle est la forme du profil d'une vallée? La forme varie-t-elle avec le cours plus ou moins rapide de l'eau qui y coule? Les pentes de la vallée sont-elles d'autant plus fortes que le lit de la rivière est plus incliné et plus étroit en proportion de la masse de ses eaux?

Les vallées descendant d'une chaîne offrent-elles des traits de ressemblances, ou qu'est-ce qui leur donne çà et là des caractères particuliers?

L'aspect d'une vallée change-t-elle beaucoup dans l'endroit où le cours d'eau prend une direction différente de celle qu'il avait? Est-ce que les ondulations de la vallée sont en rapport avec la nature des couches voisines? Observe-t-on que certaines roches donnent à la vallée une ondulation et une configuration plus douce, tandis que d'autres masses produisent des inflexions plus marquées et un aspect plus âpre ou plus sauvage? Ou bien les alternatives de quelques roches donnent-elles lieu à des zigzags très bizarres?

Les vallées longitudinales sont-elles, en général, moins ondulées et à pentes moins fortes que les vallées transversales? Ces dernières offrent-elles les changements de direction les plus forts et les plus fréquents.

Les vallées transversales perdent-elles peu à peu leurs caractères pour se changer en simples bassins de grandes rivières? Les montagnes et les rochers cessent-ils de les border de leurs escarpements, et les hauteurs viennent-elles mourir en pentes insensibles plus ou moins loin de leur fond? La correspondance des rives de ces vallées disparaît-elle en même temps qu'ont lieu ces autres changements?

Les vallées sont-elles circulaires ou elliptiques? Dans ce cas, sont-elles profondes ou fort évasées? En-

tourées de pentes fortes ou faibles, closes de tous côtés ou ouvertes d'un côté ou de l'autre? S'en détache-t-il des sillons latéraux?

§ V. Leurs pentes.

Les pentes des vallées sont-elles douces ou rapides, unies ou garnies de rochers et de précipices? Les parties escarpées sont-elles le propre du débouché dans les vallées étroites ou dans celles qui sont transversales?

A quelle hauteur au-dessus des vallées s'élèvent les chaînes qui les dominent? Ont-elles la même élévation des deux côtés? La pente est-elle la même sur ces derniers?

Les flancs des montagnes sont-ils couverts de cailloux, de blocs, de débris ou de fragments calcaires, etc., et jusqu'à quelle hauteur s'étend cet encroûtement? Ces masses proviennent-elles des rochers environnants, ou sont-elles étrangères au pays, et des matières de transport? Ces débris sont-ils liés par un ciment ou simplement posés les uns sur les autres?

Les pentes se divisent-elles en terrasses échelonnées et séparées par des talus plus ou moins doux? Ces étages deviennent-ils d'autant moins distincts qu'on descend dans la vallée? Ou bien y trouve-t-on plusieurs systèmes différents de terrasses? Quel est le sol superficiel de ces dernières? Les flancs des vallées présentent-ils des angles saillants et rentrants, ou décrivent-ils des courbes de formes opposées? Peut-on établir une certaine correspondance entre ces différentes formes.

Les escarpements entourant une vallée assez large offrent-ils des caractères suffisants pour les regarder comme les falaises qui ont bordé d'anciens lacs, ou même les rivages de golfes marins? Voit-on encore sur ces mu-

railles les signes de l'érosion des eaux ou même des perforations de lithodomes? Cette idée est-elle appuyée par l'examen détaillé des dépôts anciens et récents du voisinage, ainsi que de leurs fossiles? Ces contrées paraissent-elles comparables à des récifs de polypiers?

§ VI. Fond des vallées.

Quelle est leur hauteur absolue moyenne au-dessus de la mer? Le fond de la vallée est-il plat, uni, ou fort inégal? Est-il cultivé ou inculte, ou couvert de blocs? A-t-il une forte pente ou forme-t-il des escaliers? Quelle est la nature du sol? Quelle est celle de la terre végétale et quelle est son épaisseur? Y trouve-t-on des cailloux roulés ou des débris angulaires provenant de montagnes voisines ou éloignées, ou même de contrées très distantes? La quantité et la grosseur des cailloux ou des débris augmente-t-elle en remontant la vallée? Peut-on reconnaître leur point de départ? Quelles sont les roches cachées sous la terre végétale? Est-ce que la nature et la forme du fond de la vallée est en rapport avec ces amas de débris? Ces derniers ne sont-ils peut-être que le résultat d'éboulis? Cachent-ils le fond d'une vallée très profonde ou d'une fente? Sont-ils entassés sans ordre ou par lits réguliers? Le fond de la vallée est-il formé par une masse assez compacte ou est-il caverneux?

§ VII. Température de l'air des vallées.

A-t-on fait des observations sur la température moyenne de certaines vallées profondes? A-t-on reconnu beaucoup de variétés à cet égard, suivant la vallée où on a observé, suivant les différentes parties d'une même vallée, suivant son exposition, suivant la direc-

tion de son débouché au midi ou au nord, etc.? Une grande sécheresse dans l'atmosphère est-elle propre à la vallée? Quels y sont les vents régnants? Quels sont leurs effets? Est-elle exposée à ceux du voisinage des régions neigeuses?

§ VIII. Leurs eaux.

Y a-t-il des sources dans la vallée? S'y forme-t-il des ruisseaux, des torrents? Y a-t-il un cours d'eau régulier ou n'en existe-t-il un que dans une partie de la vallée?

Une vallée donne-t-elle, par ses cavités, la facilité aux eaux de former des étangs ou des lacs? Dans ce cas, dans quels lieux sont ces derniers? Quelle est l'étendue de leurs eaux dans les diverses saisons? Produisent-ils des inondations en automne ou au printemps? Les lacs diminuent-ils d'étendue en été ou en hiver?

Les vallées sont-elles sans eau, et dans ce cas, quelles en sont les causes? N'y a-t-il jamais eu de cours d'eau ou certaines causes les ont-ils fait disparaître? N'y a-t-il de l'eau qu'en hiver ou en été?

§ IX. Anastomose des vallées.

Une vallée principale a-t-elle beaucoup de vallons latéraux? Sous quelles circonstances cette réunion s'opère-t-elle? Observe-t-on une certaine correspondance dans les sillons débouchant sur les deux côtés d'une vallée principale?

Les grandes et petites vallées produisent-elles, vues en grand, des figures symétriques?

La réunion de plusieurs vallées a-t-elle lieu, surtout dans les endroits où l'une d'elles s'évase sous forme de bassin? Est-ce que la grandeur de ces bassins est en

rapport avec le nombre des vallées qui y débouchent?

Ces bassins ont-ils une forme circulaire ou elliptique? Les sillons qui y aboutissent donnent-ils, considérés avec les cavités circulaires, l'idée d'anfractuosités arrangées en étoiles?

§ X. Leurs végétaux et leurs animaux.

Quelle est leur distribution géographique dans les vallées? Leurs plantes et leurs animaux se trouvent-ils dans les montagnes voisines, ou n'y existent-ils pas, etc.? (*Voy.*, à cet égard, plus bas, les chapitres XVIII et XIX).

§ XI. Leur origine probable

Quelle est l'origine la plus probable d'une vallée? Les observations ne tendent elles pas à prouver qu'*une vallée est l'effet de causes régulières qui ont agi sans interruption depuis la retraite de la mer?* Ou doit-on plutôt y voir une cavité produite en même temps que les montagnes qui l'entourent? Est-elle un produit naturel du contournement des couches?

Les vallées sont-elles de véritables failles ou fentes au milieu des montagnes ou des rochers? Sont-elles les plus profondes et les plus verticales dans les chaînes les plus étendues et les plus élevées, comme pour prouver que ce qui est soulevé le plus fortement s'est aussi fendillé le plus? L'inclinaison des couches sur les flancs des vallées est-elle la même, ou est-elle différente? Ne peut-on pas en déduire logiquement qu'il y a eu, tantôt une simple séparation, tantôt un fendillement avec soulèvement ou affaissement inégalement réparti?

Les profils des vallées transversales laissent-elles apercevoir des contournements de couches qu'on pourrait,

attribuer à l'action de l'écoulement de grands lacs ayant occupé les vallées longitudinales et ayant coulé sur des masses encore dans un état pâteux?

La *formation des vallées longitudinales* peut-elle s'expliquer par des affaissements le long de la ligne de direction des chaînes ou des dépôts? ou bien de semblables cavités ne proviendraient-elles pas plutôt du soulèvement violent de grandes chaînes, catastrophe pendant laquelle auraient été enlevés les débris entre la masse la plus soulevée et les parties latérales moins affectées ; d'où seraient résultées des vallées longitudinales?

Les *vallées*, surtout celles *des contrées secondaires* et *tertiaires, sont-elles, en général, le produit d'une action lente, telle que celle de l'eau?* Quoique leur place ait pu être plus ou moins indiquée primitivement par la production de certaines inégalités, de certaines fentes, de certaines cavités originaires ou d'écroulement ou de soulèvement, etc.; l'eau courante aurait-elle eu la plus grande part dans leur excavation et la formation de leurs contours actuels? La destruction facile de certaines roches n'est-elle pas en faveur de cette opinion? Les érosions successives de l'eau ne se laissent-elles pas encore reconnaître dans les terrasses en gradins arrondis et bordant les vallées? Des vallées transversales n'offrent-elles pas surtout des preuves à l'appui de semblables effets de l'érosion et du creusement au moyen de l'eau courante?

Dans certaines chaînes, cette idée n'est-elle pas rendue peu vraisemblable par la comparaison de la quantité actuelle de l'eau des rivières avec celle qu'il aurait fallu pour déplacer des roches très dures et formant de grandes masses solides? D'ailleurs où est resté l'immensité de débris provenant d'un pareil creusement? Est-ce qu'une telle opinion n'a pas contre elle l'existence de roches tendres

sur les flancs escarpés de profondes vallées? or, si l'eau avait creusé ces dernières, elle aurait emporté ces matières offrant peu de résistance? Y a-t-il des raisons pour croire que ces roches tendres n'appartiennent qu'à une époque de formation qui a suivi la formation des vallées?

Certaines vallées ne sont-elles que des *bassins d'anciens lacs* qui se sont desséchés, ou dont l'écoulement a eu lieu naturellement ou artificiellement? Certaines autres vallées circulaires n'indiquent-elles que la place de *cratères volcaniques?* ou bien ne sont-elles que le *résultat de soulèvements centraux* ayant chassé et incliné de tous les côtés les masses soulevées?

Les *grandes vallées des pays de plaines*, ou *peu élevés au dessus de la mer*, ne doivent-elles pas leur première origine aux coupures faites par des masses considérables d'eau, qui étaient mises en mouvement par des soulèvements de continents et de chaînes? Des débâcles subites de grands lacs (1), ainsi que des mouvements extraordinaires de la mer le long des côtes, n'ont-ils pas pu produire des effets analogues?

---

(1) Voyez les diverses notices d'Escher, de Venetz, etc., sur la catastrophe de la vallée de Bagnes en Valais. (*Bibl. univ. de Genève*, août 1818, vol. 22 p, 58 vol. 25 p. 240; *Ann. de Chim.* t. 9 p. 439; *Ann. de phys.* de Gilbert t. 62 p. 108. Course à l'éboulement du glacier de Getroz, par Bridel, Vevay, 1818, 8°. Seconde course à la vallée de Bagnes, etc., par le même, 1818, in- 8°. Sur la débâcle de lacs dans le Vermont; par M. Dwight. (*Edinb. n phil J.* oct. à déc. 1826) ou *Zeitsch f. Min.* 1828 p. 31 et 257. Mem. sur l'origine des vallées; par MM. d'Omalius (*J. de Géol.* vol. 2 p. 399. *Élem de Géol.*, 1835, 607) de Hoff. (*Jahrb. f. Min.* 1830, p. 521) Conybeare (*Ann. of. phil.* nov. déc. 1830 et janv. à avril 1831, et mes *Mém. géol.* p. 337), mém. de MM. Lyell et Murchison (*Édinb. n. phil. J.* juill. 1829, p. 15).

CHAPITRE V.

Plaines.

§ I. Leur étendue en longueur et largeur, et leur forme générale.

§ II. Leurs limites.

Sont-elles entourées de montagnes ou de collines, et séparées ainsi des plaines ou des vallées voisines? Font-elles partie de plages lacustres ou marines, ou forment-elles le bord des fleuves? Quels sont leurs rapports avec les hauteurs voisines ou avec le fond des eaux qu'elles bordent?

Une pente insensible conduit-elle de la plaine aux montagues, ou la p'aine s'enfonce-t-elle de même sous l'élément aqueux, ou bien le contraire a-t-il lieu et quelles en sont les causes?

§ III. Leur hauteur absolue moyenne sur le niveau des mers.

La plaine a-t-elle une hauteur moindre que la mer? ou est-ce plutôt un plateau très bas?

§ IV. Leur surface.

La plaine forme-t-elle une surface horizontale sans aucune pente sensible? ou, au contraire, s'élève-t-elle ou s'abaisse-t elle insensiblement? Dans quelle direction a lieu ce changement? Est-ce au moyen d'une pente douce, ondulée ou rapide? Dans ce dernier cas, les rapports de la surface indiquent-ils une crête cachée dont les couches ont une ou plusieurs inclinaisons différentes?

Une partie d'une plaine se distingue-t-elle extrêmement du reste par sa forme et le caractère de sa surface?

Une plaine ne présente-t-elle qu'une inclinaison générale, ou s'abaisse-t-elle dans la direction des lits des rivières ?

Les principaux cours d'eau sont-ils accompagnés de hauteurs ou bien des éminences coupent-elles le cours des rivières ? Ces élévations rappellent-elles, par leur forme générale, leurs ramifications, leurs vallons, et leurs sommités, certaines montagnes plus ou moins voisines ?

Une plaine offre-t-elle des cavités elliptiques ou circulaires ? Dans ce cas sont-elles des indications de cratères, ou d'entonnoirs d'écroulements, etc. ? Y a-t-il des vallées larges ou étroites ? Quelle est la profondeur de ces dernières ? Est-ce que leur nombre n'a pas été jadis plus grand ? Ont-elles été remplies en partie par les alluvions anciennes et modernes ?

§ V. Nature de leur sol.

Quelle est la puissance moyenne de la terre végétale ? Quelle est sa nature, etc. ? Y a-t-il de l'argile alluviale, ou du sable, ou du limon fluviatile ? La surface est-elle couverte d'efflorescences salines ? La terre est-elle favorable à la production du nitre (1) ? Quelles sont les cultures qu'on y trouve ?

Le sable contient-il beaucoup de cailloux roulés ? Y a-t-il des blocs roulés à la surface du sol ou dans son sein ?

Les inégalités de la plaine sont-elles produites laplupart par du sable ? Est-ce un véritable désert aride ? Y a-t-il des portions couvertes de verdure ou des oasis ?

---

(1) Voyez la théorie de la nitrification par M. Longchamp (*Annal. de Ch.*, v. XXXIII, p. 5) ; celle de M. Gauthier de Claubry, celle de M. Fournet (*Annal*, etc., 1833).

Les buttes de sable fin ont-elles l'air de changer de place ? Quel est leur mouvement annuel moyen ? Ont-elles la même direction que les vents dominants, de manière qu'on peut les regarder comme des effets probables de ces derniers ? Quelle est leur plus grande hauteur? Sont elles stériles ou couvertes de bruyères, de plantes, de graminées, etc. ?

Des roches affleurent-elles dans la plaine ? Dans quels endroits cela a-t-il lieu ? Est-ce dans des lieux élevés à ou des niveaux bas ? Plusieurs formations ressortent-elles sous le sol alluvial moderne ou ancien ? Des amas de débris angulaires ou non roulés indiquent-ils çà et là le voisinage de couches solides ou leurs têtes couvertes par une très petite épaisseur d'alluvions ?

§ VI. Leurs fossiles.

Y a-t-il des fossiles épars sur la surface du sol ou à peu de profondeur ? De quelle classe et de quel genre sont-ils ? (*Voy.*, à cet égard, les articles sur les fossiles et les alluvions.)

§ VII. Leur température.

La plaine est-elle très sèche et chaude, ou très marécageuse et humide ? D'où provient sa température particulière ? Est-elle influencée par le voisinage de la mer, l'abri donné par des montagnes, etc. ?

§ VIII. Leurs eaux.

Y a-t-il des sources ? Sont-elles ascendantes? ou bien les eaux ne sont elles que des produits d'infiltration de l'eau fluviatile ou marine? Les eaux des puits sont-elles saumâtres ou dures, ou déposent-elles du carbonate de chaux ?

Y a-t-il des des rivières, des marécages et des marais? Ces derniers existent-ils ailleurs que sur le bord des fleuves? Les cours d'eau parcourent-ils des lits droits ou ondulés?

§ IX. Leurs végétaux et leurs animaux.

Quels sont les végétaux et les animaux d'une plaine? Quelle y est leur distribution géographique? Quels sont les rapports de ces plantes et de ces animaux avec ceux qui existent dans les montagnes voisines? Qu'elle est leur influence sur la nature du sol? (*Voy.*, pour plus de détails, ci-dessous, les chapitres XVIII et XIX.)

§ X. Etat ancien d'une plaine.

Une plaine a-t-elle été en tout ou en partie un fond de mer, un golfe ou un lac? Quelles en sont les preuves? Doit-on compter parmi ces dernières le niveau bas, l'enclavement de la plaine entre des promontoires, la nature sablonneuse ou saline du sol etc.? Ou bien le sable de la plaine est-il plus semblable à celui des sommets et des pentes des montagnes voisines qu'à celui de la mer? Une plaine ne serait-elle qu'un plateau ou terrain affaisé? Un pareil affaissement serait-il en rapport avec le soulèvement de quelque chaîne voisine? Une plaine occuperait-elle le fond d'un cratère de soulèvement?

CHAPITRE VI.

Limites des neiges éternelles.

La *détermination de la ligne des neiges éternelles* est accompagnée de plusieurs difficultés. Cette limite est fort modifiée par le voisinage de très grandes masses de mon-

tagnes, par des plateaux élevés et étendus par les formes aiguës des montagnes; par des accidens locaux et diverses circonstances météorologiques. Aussi ne peut-on guère appliquer à une localité les données acquises dans une autre, et il est encore moins possible de fixer généralement la limite des neiges perpétuelles pour tout un pays.

L'exposition au sud ou au nord n'est pas la seule cause qui fasse varier cette limite, car, dans les vallées très étroites et profondes, elle descend même plus bas sur le côte sud que sur la côte nord des chaînes, etc. La recherche de cette limite des neiges perpétuelles demande des observations multipliées sur la quantité annuelle des neiges, sur la température du sol et l'évaporation; c'est en prenant ensuite une moyenne entre plusieurs résultats ainsi obtenus qu'on peut espérer d'approcher de la vérité. Le géologue doit donc toujours comparer les faits, afin de distinguer ce qui n'est que le résultat de circonstances locales, d'avec ce qui dépend de causes générales.

Il ne faut jamais confondre avec la région des neiges perpétuelles, ces parties des sommités où il reste des plaques de neige pendant les premiers mois de l'été. L'observateur ne doit pas non plus se laisser induire en erreur par des amas de neige résultant d'avalanches, par des neiges protégées au moyen d'éboulis de rochers ou par des glacières naturelles (1).

Le meilleur temps pour faire des observations à ce sujet sont les mois d'août et de septembre pour le nord et le centre de l'Europe, et le mois d'octobre pour la partie méridionale de ce continent

(1) *Voy.*, sur les glacières naturelles, un mémoire de M. Deluc (*Ann. de Chim.*, t. XXIV, p. 113; *Bibl. univ.*, t. XXV, p. 243, etc).

D'après les latitudes, les neiges perpétuelles descendent dans l'hémisphère boréal depuis le pôle jusqu'à 71° et même 60° de lat.; ainsi dans la Russie européenne on les trouve à 69 ou 70°, en Sibérie sur l'Obi à 68° ou 69°, sur le Kolyma à 69°, dans le Kamtschatka à 65 ou 66°, dans l'Amérique occidentale à 69°, sur la côte du Labrador à 60 et 61° et dans le Groenland occidental à 68 et 69°.

D'après les hauteurs absolues, la moyenne des observations de beaucoup de savants a donné pour la limite des neiges perpétuelles les résultats suivans : savoir en Laponie sous 67° 1/2 à 70°, une élévation de 550 t.; en Norwège sous 61°, 850 t.; dans les Carpathes septentrionales sous 49° 10′, 1330 t.; dans les Alpes suisses méridionales sous 45 3/4 à 46° 1/2, 1370 t.; dans les Alpes suisses septentrionales sous 45° 3/4 à 46° 1/2, 1370 t.; dans les Pyrénées françaises sous 42° 3/4, 1400 t.; dans les Apennins sous 42 et 43°, 1489 t.; sur l'Etna, 1748 t.; pour le côté nord du Caucase sous 42° 1/2, 1650 t.; pour l'Ararat sous 39° 42′, 2216 t.(1); pour Ténériffe 1908 t.; pour les montagnes du Mexique sous 20° de lat., 2350 t.; pour les Andes de Quito sous l'équateur 2460 t.; dans l'Himalaya pour le côté nord, 2650 t. (?), et pour la côte sud 1850 t. (?), etc.

§ I. Leur hauteur absolue.

A quelle hauteur se tiennent les neiges perpétuelles?

Leurs limites varient-elles considérablement suivant les divers versants d'une chaîne? Descendent-elles plus bas dans certaines expositions? S'élèvent-elles très haut parce que ce phénomène n'est produit que par la chaleur de l'été et non par le froid de l'hiver?

La ligne des neiges s'abaisse-t-elle subitement à cause

---

(1) Parrot, *Reise zum Ararat.*, par M. Parrot, 1834, p. 185.

du voisinage d'une mer? L'atmosphère et le sol sont-ils moins échauffés par les rayons solaires à cause des nuages et des vapeurs attirées continuellement autour des sommités, par suite de leur isolement ou de leur voisinage d'un grand amas d'eau? La température de l'air, augmentée par celle de la mer, fait-elle monter, dans certaines îles, la limite des neiges perpétuelles plus haut que sous la même latitude dans des chaînes sur des continents voisins? Dans ces derniers lieux, l'air n'est-il pas refroidi encore par de grandes étendues de neige?

La limite des neiges perpétuelles indique-t-elle un changement dans le climat d'une contrée? Y a-t-il des faits qui prouvent l'augmentation des neiges? Cet accroissement a-t-il lieu graduellement? Est-il besoin de quelque accident particulier pour le produire?

A quelle époque de l'année disparaissent les neiges, qui existent en hiver plus bas que la région des neiges perpétuelles? Leur fonte est-elle, en général, graduelle ou a-t-elle lieu subitement? Quelles en sont les causes?

§ II. Rapports de la région des neiges perpétuelles avec la végétation.

Quelle végétation borde cette région? A quelle distance s'en tiennent les arbres, tels que les pins, les sapins, les bouleaux, etc.? La zône qui sépare la limite inférieure des neiges de la limite supérieure des arbres occupe-t-elle toujours le même espace en hauteur? La région des arbres et des arbustes se conforme-t-elle aux accidents de l'élévation plus ou moins grande de la limite des neiges perpétuelles?

Contrée.	Latitude.	Derniers arbres et arbustes.	Distance en hauteur depuis la limite inférieure des neiges à la limite supérieure des arbres.	Distance en hauteur de la région des neiges à la limite supérieure des céréales.
			Toises.	Toises.
Laponie.	67° 1/2 à 70°	*Betula alba, Rhododendron Lapponicum.*	300	450
Norwège.	61°	*Betula alba et nana, Salix glauca.*	316	520
Carpathes	49° 10'	*Pinus abies et Pumilio.*	570	390
Alpes suisses septentrion.	45° 3/4 à 46 1/2	*Pinus abies, Rhododendron ferrugineum.*	450	700
Alpes suisses méridional	45° 3/4 à 46 1/2	*Pinus Larix.*	320	
Pyrénées françaises.	42° 3/4	*Pinus silvestris, v. rubra et uncinatus*	230	
Apennins.	42° à 43°	*Fagus sylvatica.*	550	
Aetna.	37° 30'	— *dito.*	660	
Caucase.	42° 1/2	*Betula alba Rhododendron Caucasicus.*	650	630
Ararat.	39° 42'	*Betula.*	Env. 916	
Ténériffe.	28°	*Pinus canariensis.*	320	
Mexique.	20°	*Pinus occidentalis.*	350	
Andes de Quito.	0°	*Escalloma, Alstonia.*	660	860

§ III. Configuration extérieure et état des masses de neiges.

Les neiges perpétuelles couvrent-elles des dômes ou remplissent-elles des gorges ou des vallées? Forment-

elles de vastes plaines ou des talus plus ou moins inclinés? La surface des coupoles neigeuses est-elle unie et couverte d'une croûte de glace? Est-elle crevassée par suite du dégel? Est-elle placée de manière à occasionner fréquemment des avalanches?

La neige est-elle un assemblage de petits grains transparents de glace, qui ne sont agglutinés par la pression qu'à une certaine profondeur?

La neige est-elle salie par des matières étrangères? Contient-elle des débris de roches? Y observe-t-on, jusqu'à une certaine hauteur, dans certaines saisons, des portions colorées en jaune ou en rouge? Quelles sont les causes de ce dernier accident? La couleur jaune provient-elle vraiment du pollen des fleurs de certains arbres? La couleur rouge n'est-elle due qu'à une espèce de *Sphœrocarpon*, de *Lecidea*, d'*Uredo* ou de *Protococcus* (1)? Ou est-ce une poussière dérivée des roches voisines du mica rouge, etc. (2)?

§ IV. Distinction entre les neiges anciennes et nouvelles.

Les coupes des couches de neiges offrent-elles des strates de diverses consistances et de différentes couleurs? La neige la plus récente est-elle la plus pure, et la plus

(1) Voyez pour les détails sur les neiges rouges, pour celle du Mont-St.-Bernard, un mém. de M. Peschier (*Bibl. univ.*, v. XII, p. 264; v. XXVII, p. 132; pour celle de la Suisse, l'*Alpenreise* de M. Hugi; pour celle de la baie de Baffin, un mém. par M. Franc. Bauer (*Lond. phil. Trans.*, 1820, part. 2, art. 3, et *Ann. de chim.*, v. XIV, p. 72; pour celle des régions arctiques, un mém. par M. Scoresby (*Edinb. n. phil. J.*, no 11, janv. 1829, p. 54; un mém. de M. Brown (*Mag. of nat. hist.*, v. VI, n. 36, p. 557) et *Jahrb. d. Chem. Phys.*, de Schweigger-Seidel, v. 4, p. 437, etc.

(2) Notice sur la neige des Pyrénées, par Ramond, 1807.

ancienne la plus sale et la plus grisâtre, etc.? Les parties inférieures de la masse des neiges sont-elles divisées en épais bancs et inclinant vers le fond sur lequel ils reposent comme pour indiquer peut-être qu'ils ont éprouvé un affaissement? N'y peut-on pas distinguer le nombre d'années qu'il a fallu pour former ces amas? Les couches récentes de neige sont-elles en stratification conforme ou transgressive sur les masses anciennes?

Les amas de neige produits par des avalanches ne se distinguent-ils pas des autres neiges par le grand désordre des masses et par des debris de roches?

§ V. Rapport des neiges avec les rochers voisins.

Quelles roches dominent dans la région des neiges perpétuelles? Couvrent-elles tous les rochers ou sont-elles traversées par des colosses de pics et des arêtes? Dans ce dernier cas, quelle est la nature de ces dernières sommités?

CHAPITRE VII.

Glaciers (en allemand : *Gletscher*, *Ferner* ou *Firnen*).

Il ne faut pas confondre les glaciers avec des amas plus ou moins grands de neige accumulés par les avalanches (en all., *Lavinen*) dans des gorges basses. Dans ce dernier cas, ces neiges peuvent y séjourner très longtemps lorsqu'elles sont abritées du soleil et des vents chauds. Quant aux neiges que les avalanches amoncèlent dans les régions élevées des montagnes, elles sont souvent l'origine de glaciers; ces derniers se produisent aussi sans cet accident par l'accumulation seule des neiges, qui se convertissent petit à petit en glace.

Une montagne s'élevant au dessus de la limite des neiges perpétuelles, n'offre-t-elle pas des glaciers, parce

qu'elle ne reçoit pas assez de neige? Ses pentes trop rapides et ses vallées trop profondes ne permettent-elles pas l'accumulation des neiges, ou les font-elles descendre dans des régions où elles fondent naturellement?

§ I. Leur position.

Les glaciers n'existent-ils que dans les plus hautes parties d'une chaîne, dans ses vallées ou sur ses petits plateaux les plus élevés? Ne couvrent-ils que la pente des sommités, ou descendent-ils en même temps dans les vallées et les gorges? Sont-ils renfermés dans des cavités fermées? Peut-on les classer parmi les glaciers en coupole, ou les glaciers, ou champs de glaces de vallées? Ces différents glaciers se fondent-ils l'un dans l'autre? A quelle distance les glaciers se trouvent-ils des lieux habités ou cultivés?

§ II. Leur nombre.

La montagne a-t-elle un ou plusieurs glaciers? Sont-ils séparés, ou plus ou moins mal réunis?

En Europe on ne compte des glaciers qu'en Islande, dans les montagnes de la Norwège, dans les Alpes du Salzbourg, du Tyrol, de la Suisse, de la Savoie, du Dauphiné et dans les Pyrénées. Le Caucase, l'Ararat, l'Himalaya, les Andes et les régions polaires, sont les autres contrées où on a jusqu'ici trouvé des glaciers.

En Sibérie, et près du détroit de Behring, les alternats de glaces et de dépôt limoneux à ossements de grands quadrupèdes éteints, forment un accident géologique des plus remarquables.

§ III. Leur étendue.

Un glacier est-il très étendu? Dans quelle direction.

se prolonge-t-il? Suit-il celle de l'arête de la montagne dont il couvre les pentes, ou coupe-t-il sa direction?

Les glaciers y forment-ils de véritables mers de glace?

§ IV. Leurs pentes.

Les glaciers sont-ils horizontaux ou inclinés? Ont-ils une pente constante dans une montagne, ou ont-ils plusieurs pentes dirigées en divers sens? Le glacier descend-il rapidement dans la vallée voisine?

§ V. Leur surface.

Les glaciers sont-ils dans des vallées à fond horizontal ou peu incliné? Ont-ils une surface peu bombée ou légèrement ondulée? La surface est-elle très irrégulière et offre-t-elle des formes bizarres, telles que des pyramides, en général, des masses polyèdriques à angles très tranchés? Dans quel rapport ces diverses formes sont-elles avec le genre de surface qui supporte les champs de glace?

La surface est-elle traversée de sillons ou creusée par l'eau provenant du dégel? Y a-t-il des trous circulaires plus ou moins profonds? La surface devient-elle d'autant plus unie qu'on s'élève?

Des fragments de roches étrangères couvrent-ils les champs de glace? Quelques-uns ont-ils pénétré dans sa masse?

Un glacier gris ou sale à sa surface, ne permet-il pas l'introduction dans son intérieur de morceaux de roche? Le glacier supporte-t-il de véritables blocs, ou est-il couvert de débris des montagnes voisines?

Des lits de terre, de sable, d'argile, etc., couvrent-ils d'anciens glaciers? Une végétation a-t-elle trouvé à s'établir sur ces parties? Des mers de glace enclavent-

elles des espèces de *jardins* ou plaques de végétation alpine ?

§ VI. La nature de leur intérieur.

Le glacier est-il composé plutôt d'une glace grenue que d'une glace compacte ? ou bien la première espèce de glace enveloppe-t elle des masses de la seconde ? La hauteur absolue établit-elle une différence dans la texture de la glace? Y a-t-il une diversité à cet égard suivant que le glacier couvre des sommets ou remplit des vallées?

Un glacier semble-t-il divisé en masses stratiformes ? Renferme-t-il des lits subordonnés de sable, de graviers, de blocs, etc., ou des débris de végétaux, d'ossements d'animaux, ou de constructions humaines ?

§ VII. Leurs fentes.

Un glacier a-t-il ou non des fentes ? Ces accidents n'ont-ils guère lieu dans les glaciers couvrant des sommités ou des coupoles? Commencent-ils surtout à se montrer dans les endroits où les glaciers descendent des cimes pour se rapprocher des basses vallées ?

Les fentes sont-elles en grand nombre ou ne font-elles que commencer à se former? Peut on distinguer les fentes anciennes d'avec les nouvelles, par une cassure plus fraîche, une couleur plus claire, et la conservation plus complète des saillies?

La quantité des fentes d'un glacier diminue-t-elle à mesure qu'on s'élève, et cessent-elles dans l'endroit où la masse du glacier ne surplombe plus une pente ?

Quelle distance sépare les fentes entre elles? Sont-elles fort étendues? Quelle est leur largeur? Sont-elles sujettes à des retrécissements ?

Dans quelle direction courent-elles? Sont-elles parallèles entre elles?

Quelle est leur inclinaison? Coupent-elles presque à angle droit la direction de la pente générale du glacier, sur laquelle s'écoulent les eaux résultant de sa fonte? Ou bien le fendillement est-il tout-à-fait irrégulier?

Les fentes sont-elles profondes? La glace y paraît-elle bleu foncé ou bien bleu verdâtre? Sont-elles remplies de débris de glace?

Les fentes résultent-elles du changement de température dans la masse ou de la fonte du glacier à sa partie inférieure, ce qui détruit l'équilibre des glaces? Les fentes ont-elles été creusées, en été, par les eaux pluviales? Sont-elles plutôt l'effet de courants d'air chaud provenant de l'intérieur de la terre? Peut-on distinguer ce dernier genre de fentes par la circonstance des courants d'air qui s'en échappent avec plus ou moins de force?

Les fentes continuent-elles à occuper la même place et la même direction dans le glacier, lors même que ce dernier est en train de descendre?

Les fentes reçoivent-elles des cours d'eau? Ces derniers se réunissent-ils dessous le glacier pour en ressortir en torrent à un de ses bords inférieurs?

§ VIII. Leurs cavernes.

Le glacier offre-t-il des cavernes? Sont-elles dans le bas du glacier? S'en échappe-t-il de l'eau? Quelles sont leurs dimensions, leurs formes, leur durée, etc.

§ IX. Leur accroissement et leur diminution.

Quels faits indiquent une augmentation ou une diminution dans la masse des glaciers ou leur état stationnaire? Quelles observations démontrent que les glaciers reculent ou avancent chaque année?

Un glacier a-t-il un mouvement insensible et continuel par suite de la pression exercée de haut en bas, et en proportion de la fonte de son extrémité inférieure? S'établit-il entre certaines limites une espèce d'équilibre entre le glissement de la glace et sa fonte, de manière que la partie inférieure d'un glacier avance ou recule, suivant que la température moyenne d'une année est plus ou moins élevée ou basse? L'augmentation et la diminution des glaciers sont-elles soumises à de plus longues périodes d'alternances, de telle sorte qu'un glacier avance pendant un certain nombre d'années, et recule durant un autre?

Quelles causes font surtout descendre les glaciers dans les basses régions? Est-ce une suite de l'inclinaison des pentes, ou des hivers où la neige abonde, ou bien de l'augmentation annuelle des masses neigeuses et du froid qu'elles produisent?

Le glacier fond-il dans sa partie voisine du sol?

Ne doit on pas tenir compte que la fonte de la partie sous-jacente du glacier a pour effet de diminuer les points d'arrêts, qui s'opposent au glissement des glaces sur la surface du sol? Quelle est encore à cet égard l'influence des cours d'eau qui filtrent sur les côtes et sous le glacier, etc.?

Les glaciers s'accroissent-ils surtout au printemps? Dans quelle saison ont-ils l'air de diminuer ou de reculer? Ou bien n'observe-t-on aucune régularité à cet égard et aucune dépendance des circonstances météorologiques et atmosphériques?

Les glaciers augmentent-ils en largeur, lorsque leur bords s'écartent? Les mouvements des glaciers sont-ils indiqués par des lignes plus ou moins grandes de débris, amas appelés *moraines* et s'étendant parallèlement à la direction des champs de glace? Le mouvement latéral

des glaciers est-il une suite de celui de haut en bas, ou doit-on l'attribuer à la force expansive de la glace?

§ X. Leurs moraines.

Jusqu'où s'étendent les moraines? Vont-elles jusqu'au pied du glacier? Sont-ce des blocs de rochers, des éminences de débris ou des digues de cailloux et de terre? Ces matières proviennent-elles des montagnes qui dominent les parties supérieures des glaciers, et ont-elles été amenées par eux, ou dérivent-elles des hauteurs voisines ou de ce que les glaciers ont pu renconter sur leur route dans leur mouvement de descente?

Les moraines augmentent-elles en hauteur et en grandeur en remontant au glacier depuis son extrémité? Ne consistent-elles pas partout en blocs et cailloux? ou sont-ce plutôt des masses de glace entre-mêlées de fragments de roches, glace qui ensuite s'est fondue en partie?

Quelle est la nature du sol entre les moraines et les glaciers? Quelle est la végétation des moraines?

§ XI. Leurs effets climatériques.

La formation graduelle des glaciers a-t-elle pour effet d'abaisser la température moyenne d'une contrée? Produit-elle quelque changement dans les extrêmes de température? A-t-on observé que la limite inférieure des neiges perpétuelles se soit abaissée dans les montagnes où les glaciers ont l'air de s'accroître?

Des traditions anciennes indiquent-elles que des vallées, jadis en culture ou couvertes de prairies, des cols fréquentés, etc., aient été envahis insensiblement par les neiges et les glaces? Y a-t-il des exemples de glaciers qui ont disparu et ont rouvert ainsi des communications interceptées depuis long-temps? Quelles sont

les causes probables de ces vicissitudes dans le domaine occupé ou plutôt alternativement envahi et délaissé par les glaces?

Pour des détails sur les glaciers, on peut surtout consulter, outre les publications anciennes de Bourrit, Saussure, Gruner (*Hist. nat. des glaciers de la Suisse.*), etc., les ouvrages suivants récemment publiés: *Natur historische Alpen reise*, par F. J. Hugi. Soleure, 1830, in-8°; la réponse de M. Kasthofer à la question: Si la température des hautes Alpes a baissé véritablement, dans ses *Bemerkungen auf e. Alpen Reise, uber d. Susten, Gotthard, Bernhardin, Grimsel*, etc., Arau, 1822, in-8°, p. 267 à 349; Mém. sur les variations de la température dans les alpes de la Suisse, par M. Venetz (*Denkschrift d. allg. Schweiz. Ges. f. d. ges. Naturwiss.*, v I, part. 2, p. 1 à 38); Mém. sur les Glaciers, par M. Toussaint de Charpentier (*Annal. de Phys.*, de Gilbert, vol. 63, p. 388).

CHAPITRE VIII.

Sources.

ART. I. EAUX NATURELLES.

§ I. Les roches dont elles sourdent.

Les sources d'un pays appartiennent-elles surtout aux dépôts anciens ou aux terrains modernes? Des couches d'argile empêchent-elles la filtration des eaux et servent-elles, pour ainsi dire, à ces dernières de conduits naturels, jusqu'au point ou à la pente d'où elles jaillissent du sein de la terre? Peut-on expliquer de cette manière pourquoi un côté particulier d'une montagne ou d'une chaîne est très riche en sources, tandis qu'un autre n'en a point ou presque point?

Les contrées calcaires sont-elles pauvres en sources? Leurs eaux n'y apparaissent-elles que dans les fonds des vallées sous la forme de fontaines très abondantes

ou même de torrents tout formés? Les sources situées dans les régions calcaires élevées sont-elles moins fortes et tarissent-elles en été? N'y a-t-il des sources que dans les endroits où des marnes ou des grès s'associent à la formation calcaire, parce que ces roches étrangères ne laissent pas filtrer l'eau comme cette dernière?

Les masses calcaires intercallées entre d'autres dépôts donnent-elles aux sources et aux rivières la facilité de se cacher sous terre pendant plus ou moins long-temps au moyen de gouffres, de conduits et de grottes?

Le creusement des *puits* et le *forage artésien* procure des indications fort intéressantes, qui permettent de répondre aux questions suivantes :

L'eau d'une contrée provient-elle d'une seule couche aquifère située entre les mêmes masses? La quantité d'eau éprouve-t-elle une augmentation ou diminution périodique? L'eau est-elle ascendante ou non? Le forage a-t-il fait découvrir plusieurs nappes aquifères? Les couches qui les contiennent sont-elles différentes ou semblables, et quel est leur niveau respectif?

Les eaux ramènent-elles à la surface des sables, des débris de roches, des cailloux? Ces derniers appartiennent-ils aux couches voisines ou sont-ce des matières provenant de loin? Les sources ont-elles rejetées des graines de plantes, des coquillages fluviatiles, etc.? De semblables phénomènes ne démontrent-ils pas le lieu d'origine des sources, la profondeur d'où elles s'élèvent, le trajet qu'elles ont parcouru dans le sein de la terre et même la rapidité moyenne de leur cours?

Quelle influence l'inclinaison des couches a-t-elle sur l'apparition des sources? Y a-t il plus de sources dans les vallées dont les pentes ont la même inclinaison que les masses qui les composent, que dans celles où les couches sont verticales?

§ II. La quantité de leurs eaux.

L'abondance des eaux de source est-elle sous l'influence des saisons ? Les sources donnent-elles ou ne donnent-elles pas toujours la même quantité d'eau? Observe-t-on, en été, une surabondance d'eau dans celles qui sont alimentées par les neiges des montagnes? Y en a-t-il d'autres qui tarissent pendant les grandes chaleurs de l'été? — Quelques-unes ne coulent-elles qu'après des pluies continues? A-t-on observé que des sources ont coulé très fort pendant de violents tremblemens de terre et quoique le temps ait été sec? Dans ce cas, les eaux à l'ordinaire limpides, sont-elles devenues troubles?

Y a-t-il des *sources intermittentes*? Dans quel rapport a lieu cette intermittence? — Quel phénomène offrent-elles lors de chocs de tremblements de terre? Cessent-elles alors de couler pendant long-temps?

Y a-t-il des sources plutôt *périodiques* qu'intermittentes? Leurs eaux diminuent-elles notablement dans des espaces de temps réguliers, sans cesser tout-à-fait de couler? Quel est l'intervalle de temps entre les plus fortes eaux? Cette durée de temps est-elle constante?

Quelle explication s'accorde le mieux avec toutes les circonstances de ces phénomènes? Peut-on admettre que les sources tirent leurs eaux de réservoirs souterrains au moyen de conduits cachés à la manière des siphons, ou bien sont-ce plutôt des bouffées périodiques de gaz, qui ont une direction oblique au cours des sources, et se font jour à travers leurs eaux, pendant des intervalles réguliers de temps? Des dégagements considérables d'acide carbonique ou d'autres gaz viennent-ils corroborer cette dernière supposition? Certaines sour-

ces offrant une espèce de flux et de reflux, sont-elles alimentées directement par la mer ?

Y a-t-il des puits artésiens ? A quelles élévations leurs eaux montent-elles ? La force ascensionnelle a-t-elle diminuée ou augmentée depuis leur établissement ? Des forages voisins ont-ils eu quelque effet à cet égard ? Quelle a été le rapport du volume d'eau avec la grosseur du trou foré et la profondeur à laquelle on est parvenu ? A-t-on découvert plusieurs nappes aquifères dans le même forage ?

La destruction de la végétation et surtout des forêts influe-t-elle sur la quantité et l'abondance des sources ? Y a-t-il des exemples où cette cause ait fait tarir les sources d'un pays et l'ait rendu trop sec et aride ?

§ III. Leurs propriétés.

Leur température. Pour déterminer la température des sources, il faut choisir le point où elles sourdent des rochers ou des couches ; il faut, de plus, essayer de préférence celles qui présentent la plus grande constance de température pendant l'année.

La température de l'eau est-elle toujours la même ou observe-t-on des variations à cet égard ? Plusieurs sources, réunies dans la même localité ou le même pays, offrent-elles la même température ? Cette dernière est-elle plus grande ou plus basse que la température moyenne de la contrée où les eaux prennent leur origine ? La température des sources est-elle en rapport inverse avec celle de l'air, c'est-à-dire plus chaude lorsqu'il fait froid, et plus froide quand il fait chaud ? Quelle différence de température remarque-t-on entre les sources d'eau douce et les eaux acidules qui sont environ dans le même lieu ?

Leur odeur. Se dégage-t-il des sources une odeur sulfureuse ou d'hydrogène sulfuré, ou d'un acide quelconque?

Leur composition. Les eaux sont-elles pures et sans mélanges chimiques? Cette propriété se trouve-t-elle surtout dans plusieurs sources qui sourdent du calcaire ou du grès secondaire? N'en est-il jamais ainsi des eaux sortant des schistes ou des roches granitoïdes et porphyriques? Les sources des schistes cristallins sont-elles réellement moins pourvues d'air atmosphérique et d'acide carbonique que celles des autres terrains? Doit-on vraiment attribuer à cette cause la production du goître dans certaines vallées? L'acide carbonique des sources provient-il de l'air atmosphérique ou de l'oxydation de l'humus végétal aux dépends de l'oxygène de l'air?

Quel dépôt les eaux donnent-elles par l'évaporation? Décèlent-elles beaucoup de carbonate ou de sulfate de chaux par la formation plus ou moins rapide d'une croûte sur le fond des bassins ou des vases qui les reçoivent? Y a-t-il des sources incrustantes? Le dépôt est-il assez considérable pour former, à la longue, des éminences de travertin? Les sources déposent-elles du carbonate de chaux proprement dit ou de l'arragonite, ou bien du fer ocreux ou limonite? D'où viennent ces particules de matières étrangères?

Les roches formant le sol contiennent-elles assez de particules ferrugineuses pour pouvoir en imprégner les eaux qui les traversent? Le fer des sources provient-il des dépôts tourbeux ou d'alluvions? Cette dernière supposition est-elle étayée par le dépôt du fer ocreux à l'instant de la sortie de l'eau de la terre? Ce fer n'y serait-il alors que mélangé mécaniquement?

Les sources contiennent-elles ou charrient-elles une si grande quantité de matières terreuses, que leurs eaux

diminuent petit à petit et qu'enfin leurs conduits en sont oblitérés ?

§ IV. Leur origine probable.

Peut-on dire qu'il y a des sources qui sont le produit d'une opération chimique dans la croûte terrestre? Ou bien toutes les sources ne sont-elles que des infiltrations des eaux pluviales, fluviatiles ou lacustres, dans l'intérieur de la terre ? Les sources ascendantes s'expliquent-elles naturellement par la tendance de l'eau à reprendre son niveau, où doit-on y voir aussi l'effet d'une pression quelconque? Les sources peuvent-elles venir de loin? Y a-t-il des limites posées par la nature à l'éloignement de leurs points de départ et de sortie? Les couches meubles, les lits de sables ne sont-ils pas les conduits ordinaires des eaux, comme les argiles servent à les retenir et à les faire paraître au jour ? Les fentes et les failles n'empêchent-elles pas la circulation souterraine des eaux, tandis que quelquefois elles peuvent favoriser leur ascension ?

ART. II. SOURCES SALÉES.

Je ne comprends pas sous ce nom les sources que leur température, leurs parties salines diverses, et en général leur composition chimique, placent parmi les eaux minérales, mais je n'ai en vue que les eaux assez imprégnées de chlorure de sodium pour être employées à la production du sel de cuisine.

§ I. Leur position.

La direction du cours des sources salées paraît-elle être indépendante de la surface extérieure du sol? Toutes les sources ou la plupart des eaux salées d'une contrée sourdent-elles sur des lignes parallèles à la di-

rection d'une chaîne? A quelle distance de cette dernière se tiennent-elles? Est-ce que la même chose s'observe dans la distribution des sources d'eau douce? Y a-t-il des eaux qui ne paraissent pas dans de pareils rapports et qui, isolées, offrent telle ou telle propriété?

Les sources sourdant sur le pied des montagnes existent-elles surtout au point où la pente s'abaisse tout-à-fait, ou bien à la limite extrême de leur pied? Sont-elles placées dans des cavités plus ou moins grandes? Sont-elles isolées ou par groupes? Quelle distance sépare les premières? Quel est le point le plus bas et le plus élevé où se montrent des eaux salées? Y a-t-il des présomptions pour croire que des nappes aquifères salées circulent sous le sol d'une contrée? A quelle profondeur leur rencontre est-elle probable?

§ II. Les roches dont elles sourdent.

Observe-t-on une uniformité de formation ou de composition dans les couches fournissant des eaux salées dans un pays? Ou bien ces dernières sortent-elles en apparence indifféremment de plusieurs roches diverses? La seule règle générale est-elle que les sources salées sont plus fréquentes dans les terrains récents que dans les anciens? Quels sont ces dépôts privilégiés? A-t-on observé parmi les roches d'un pays renfermant assez d'eaux salées, certaines masses toujours exemptes de ces sources?

Pour des eaux salées découvertes par le forage, le sel abonde-t-il plus dans celles coulant sur ou au milieu de certaines roches que dans celles d'autres couches? L'expérience a-t-elle prouvé que les eaux les plus salées sont toujours aux plus grandes profondeurs? A-t-on rencontré plusieurs nappes aquifères? Des trous de forage prouvent-ils que les sources salées sont alimentées par un réservoir commun? Quels changements en quantité ou

qualité, ou quelle intermittence, etc., la découverte d'une source salée au moyen du forage, et son emploi dans les salines ont-ils produit tout de suite ou à la longue sur d'autres eaux semblables du voisinage?

Comment peut-on distinguer une source salée naturelle d'une eau qui s'est imprégnée de sel en la laissant passer à travers un banc salifère?

§ III. Leurs propriétés.

Les sources salées d'un pays offrent-elles des différences quant à leur nature et leurs propriétés, suivant les chaînes le long desquelles elles sont situées? Des eaux très voisines pour la position paraissent-elles, sous ce rapport, indépendantes les unes des autres? Les eaux ne sont-elles limpides que lorsque le temps est sec, sont-elles troubles ou noirâtres, quand le temps est couvert ou pluvieux? Des sources d'eau douce sont-elles très près de celles qui sont salées, et certaines anomalies présentées par ces dernières ne s'expliquent-elles que par le mélange accidentel d'eau douce?

§ IV. La quantité de leurs eaux.

Quelle quantité d'eau fournit une source dans un temps donné? Cette quantité augmente-t-elle par un temps humide et diminue-t-elle par un temps chaud? Ou bien ne paraît-elle pas en rapport avec le temps ou les saisons? Les grandes chaleurs d'été font-elles tarir la source? La source est-elle tellement ascendante qu'elle jaillit à la surface?

§ V. Leur température.

Quelle est la température de la source? Est-elle ou n'est-elle pas constante? Quelles sont les variations à cet égard Sa température augmente-t-elle à mesure qu'on s'en-

fonce dans la terre? Est-elle très différente à diverses profondeurs? Une source salée offre-t-elle depuis quelque temps des changements notables en température? Cette dernière est-elle en quelque rapport avec la quantité de sel contenue dans l'eau? Quels sont ses rapports avec la température des sources d'eau douce du voisinage, et, en général, avec la température moyenne du pays?

§ VI. Leur pesanteur spécifique.

La détermination de la pesanteur spécifique des eaux salées est très importante sous plusieurs rapports, autant pour l'ingénieur des mines que pour le géologue. L'analyse chimique fournit seule les moyens de connaître exactement cette pesanteur spécifique, en écartant les matières terreuses, ou même les sels étrangers, qui rendent souvent les eaux salées impures. Néanmoins, en général, les substances étrangères, qui n'y sont qu'en très petite quantité, et les parties terreuses se déposent après un certain temps, de manière qu'on peut prendre avec l'aréomètre, très approximativement, la pesanteur spécifique de ces eaux, pourvu toutefois qu'on ait soin d'éloigner toutes les causes perturbatrices.

Pour déterminer la quantité de la salure, on peut se servir avec avantage de la table suivante, construite par M. Bischoff (voy. *Physical Worterbuch. de Gehler*, vol. 4, p. 1574). On y a pris pour température normale 15° R; or, il est facile d'y réduire toutes les autres : la pesanteur spécifique indique les propriétés des eaux salées, et P. C., les pour cent de sel obtenu de cent parties d'eau.

Pés. spéc.	P. C.	Pés. spéc.	P. C.	Pés. spéc.	P. C.
1,0025	0,355	1,0725	10,016	1,1425	19,195
1,0050	0,709	1,0750	10,351	1,1450	19,516
1,0075	1,063	1,0775	10,686	1,1475	19,836
1,0100	1,416	1,0800	11,021	1,1500	20,154
1,0125	1,768	1,0825	11,354	1,1525	20,472
1,0150	2,111	1,0850	11,687	1,1550	20,790
1,0175	2,470	1,0875	12,019	1,1575	21,108
1,0200	2,820	1.0900	12,352	1,1600	21,426
1,0225	3,170	1,0925	12,684	1,1625	21,742
1.0250	3,518	1,0950	12,973	1,1650	22,058
1,0275	3,866	1,0975	13,345	1,1675	22,374
1,0300	4,214	1,1000	13,674	1,1700	22.689
1,0325	4,560	1,1025	14,004	1,1725	23,004
1,0350	4.906	1,1050	14,333	1,1750	23,318
1,0375	5,207	1,1075	14,661	1,1775	23,632
1,0400	5,596	1,1100	14,988	1,1800	23,945
1,0425	5,940	1,1125	15,315	1,1825	24,258
1,0450	6,283	1,1150	15,641	1,1350	24,570
1,0475	6,626	1,1175	15,968	1,1875	24,382
1,0500	6,968	1,1200	16,292	1,1900	25,194
1,0525	7,309	1,1225	19,617	1,1925	25,505
1,0550	7,607	1,1250	16,941	1,1950	25,816
1,0575	7,989	1,1275	17,265	1,1975	26,125
1,0600	8,329	1,1300	17,588	1,2000	26,436
1,0625	8,697	1,1325	17,911	1,2025	26,745
1,0650	9,005	1,1350	18.233	1,2050	27,053
1,0675	9.343	1,1375	16,555	1,2975	27,362
1,0700	9,680	1,1400	18,875	1,2078	27,401

La pesanteur spécifique varie-t-elle? Augmente-t-elle pendant le temps des pluies? La salure s'accroît-elle en hiver ou en été? Y a-t-il des sources moins salées à côté d'eaux très salées, ou s'établit-il une espèce de gradation de salure depuis les sources salées jusqu'aux eaux douces d'une localité? Certains faits amènent-ils à l'idée que des lois particulières président à la distribution des sources, de manière que les eaux salées le sont davantage dans une direction que dans une autre, ou que leur salure va toujours en diminuant dans un sens? L'eau est-elle plus

10.

salée à une certaine profondeur qu'à la surface? La salure augmente-t-elle en raison directe de la profondeur? Les sources les plus salées ont-elles été découvertes par le forage à la même profondeur? Peut-on dire que leur salure et leur nombre augmentent en proportion de leur situation plus ou moins voisine des couches de sel? N'y a-t-il aucune connexion entre les sources salées et les bancs de sel d'un pays?

§ VII. Leur composition chimique.

Les sources salées sont-elles gazeuses? L'odeur y décèle-t-il la présence de l'hydrogène sulfuré? Sont-elles très imprégnées d'acide carbonique? Ce dernier gaz s'échappe-t-il avec bruit des trous du forage, et couvre-t-il d'écume la surface de l'eau?

A-t-on découvert de l'iode et du brôme dans les eaux salées?

Les eaux salées déposent-elles beaucoup dans les conduits? Quelle est la nature du dépôt qu'elles forment sur les fagots dans les salines? Y observe-t-on des cristaux de gypse?

Le sel produit par les sources indique-t-il, par ses propriétés hygrométriques, la présence du chlorure de chaux?

Avant l'emploi d'une source salée, avait-elle formé quelque dépôt? De quelle nature est ce dépôt? Est-ce du sel véritable?

Les eaux éprouvent-elles des décompositions chimiques? Quelles sont-elles, et quels en sont les résultats?

§ VIII. Leur origine probable.

Les sources salées n'accompagnent-elles qu'accidentellement les chaînes de montagnes, ou des faits prouvent-ils que les eaux salées sur les côtes d'une chaîne sont

alimentées, comme les autres sources, par les eaux pluviales tombant sur ces montagnes, et descendant sur leurs pentes? Les sources salées ne manquent-elles jamais près des montagnes, tandis qu'elles disparaissent à la terminaison de ces dernières? Quelles preuves la géographie géologique offre-t-elle à l'appui de cette dernière assertion?

Peut-on croire que les sources salées ne sont alimentées que sur certaines lignes, sans être obligé d'admettre que l'eau monte contre les lois de la pesanteur à travers des fentes jusqu'à son déversoir? Quelles données paraissent favorables ou contraires à l'idée que les sources proviennent de grands réservoirs d'eau? Leur pente d'écoulement est-elle assez grande pour admettre une pareille hypothèse? La salure resterait-elle forte, et l'eau pure, si elle avait à parcourir de très longs conduits?

Les couches d'où sourdent les eaux salées peuvent-elles être considérées comme le lieu d'origine de ces dernières, ou bien lorsqu'il n'y a pas de couches de sel dans le voisinage, doit-on regarder les sources salées comme tout-à-fait indépendantes des couches dont elles sourdent accidentellement? L'uniformité des masses minérales est-elle en faveur de cette opinion? Cette idée est-elle étayée par la circonstance que des sources d'eau douce traversent les mêmes couches sans changer de nature? Quels résultats ont donné les analyses chimiques des couches au milieu desquelles coulent des eaux salées? Doit-on considérer comme accidentelle et déposée par ces dernières, une très petite quantité de sel découverte dans ces roches?

Les sources salées indiquent-elles toujours la présence de couches salifères à une distance plus ou moins grande du lieu de l'observation, et à une certaine profondeur? La salure considérable et l'abondance des eaux salées

permettent-elles de conclure qu'un tel dépôt n'est pas seulement un mélange de subtances terreuses et salines, mais qu'il y a de plus des bancs de sel gemme? Les sources salées les plus riches sont-elles quelquefois très éloignées des endroits, où l'on peut supposer qu'elles dissolvent du sel en roche? D'après cela, une grande salure peut-elle se rencontrer sans que la couche de sel soit proche des sources?

Quelles preuves appuyent l'idée que les eaux salées arrivent depuis de grandes profondeurs à la surface, au moyen de fentes? Y a-t-il des sources de ce genre dues, comme certaines eaux minérales, à des phénomènes volcaniques ou à des actions chimiques ayant lieu sous la croûte refroidie du globe?

La salure des sources reste-t-elle toujours la même? N'y a-t-il que leur absolue quantité qui soit influencée par une sécheresse de longue durée? Les puits salins desséchés ou épuisés renouvellent-ils la quantité de leurs eaux dans un certain nombre d'heures?

Consultez sur les salines l'ouvrage de M. C. Ch. de Langsdorff, (*Neue fassliche Anleitung zur Salzwerks Kunde,*) etc. Heidelberg, 1824, in-8° à 14 pl. Les mém. de M. Struve, Lausanne, 1804 et 1805, etc.

ARTICLE III. EAUX MINÉRALES.

§ I. Leur histoire.

Leur découverte est-elle connue? Quels sont les plus anciens documents à leur égard? Des traces de monuments grecs, romains ou celtiques indiquent-ils leur ancien emploi?

Sait-on si des thermes ou des bains ont été détruits ou enfouis par des éboulis de montagnes? De grandes inondations ont-elles fait disparaître des sources minérales?

De semblables catastrophes en ont-elles fait découvrir d'autres?

§ II. Leur position.

Les sources thermales pures ou salines d'une contrée se trouvent-elles toutes sur la pente d'une chaîne? Sont-elles toutes à des niveaux bas, dans des fonds, dans des gorges, des vallons profonds ou non loin d'une vallée principale? Des sources minérales plus faibles, ou ferrugineuses et acidules, etc., occupent-elles des niveaux plus élevés (1)? Trouve-t-on uniquement des eaux acidules dans certaines formations et dans des lieux élevés? Dans quels dépôts ces dernières existent-elles?

La direction de la ligne occupée par les sources correspond-elle avec celle des couches?

Y a-t-il des preuves que des eaux minérales soient sorties jadis dans des lieux plus élevés que leurs sources actuelles? Des masses de travertin en donnent-elles la démonstration?

§ III. Les roches d'où elles sourdent.

Les sources minérales d'une contrée sourdent-elles seulement de certaines roches ou indifféremment de toutes? Se montrent-elles surtout au contact des dépôts secondaires et primaires ou bien dans les terrains intermédiaires? Quelle différence y a-t-il entre les sources du sol secondaire ou tertiaire et celles des dépôts plus anciens? Les roches porphyriques, trappéennes ou basaltiques en amas ou filons sont-elles accompagnées de l'é-

---

(1) Voyez un mém. de M. de Buch. (*Mém. de l'Acad.* de Berlin et *Annal.* de Poggendorf, 1831.)

mission d'eaux minérales ? Peut-on dire que les sources thermales ont leur origine bien plutôt dans les formations anciennes et les profondeurs du globe que dans les couches supérieures de la croûte terrestre ? Quelles sont les sources qui prennent naissance dans ces dernières ?

Y a-t-il dans le voisinage des eaux thermales ou simplement tièdes des dépôts de gypse ou de pyrites ?

Quelle concordance observe-t-on relativement à leur origine ? Y a-t-il des sources, et même des sources minérales et thermales sur le fond de la mer ? Peut-on observer à basse marée leur sortie ? A quel phénomène ou dépôt géologique donnent-elles lieu ?

§ IV. Leurs propriétés.

La quantité des eaux. Est-elle toujours la même dans un espace de temps donné ? Le temps sec ou pluvieux, etc., n'a-t-il pas d'influence à cet égard ?

Leur température. Quel est le rapport de la température des eaux minérales avec la température moyenne du pays ? Leur température varie-t-elle ? A-t-elle diminué insensiblement depuis la découverte des sources ?

Les eaux acidules ont-elles toujours une température plus élevée que celle des autres sources ? Des eaux chaudes et froides, de différente composition chimique, sourdent-elles les unes près des autres ? La température des eaux thermales est-elle diminuée par les torrents descendant des glaciers, ou en est-elle tout-à-fait indépendante ? Les eaux superficielles changent-elles la chaleur des sources minérales ?

Les dégagements de gaz. Quelles eaux sont les plus gazeuses ? Les sources chaudes le sont-elles aussi ? Quelle est la nature de ces gaz ? L'azote ne se dégage-t-il que d'une certaine classe d'eaux thermales liées aux terrains

anciens ou volcaniques ou à des failles? Dans quelles sources se trouvent préférablement l'acide carbonique et l'hydrogène sulfuré? Peut-on distinguer plusieurs espèces de sources parmi celles qui contiennent l'un ou l'autre de ces gaz? Dans quelle proportion les gaz s'y trouvent-ils relativement à un volume donné d'eau? Sont-ils simplement mélangés, ou sont-ils, en tout ou en partie, combinés avec les parties constituantes des eaux minérales? Les eaux contiennent-elles beaucoup d'air atmosphérique, et quelle en est la raison?

Leur composition chimique. L'analyse des eaux a-t-elle été faite, et à quelle époque? Est-ce sur les lieux même ou ailleurs? Quelle confiance peut-on y avoir, surtout lorsqu'elle n'a été faite qu'une fois et loin de la source même? Peut-on, malgré l'état imparfait de la chimie, regarder certaines analyses comme mathématiquement exactes ou définitives? Quelle est la quantité des parties solides dans un volume donné d'eau? Les eaux minérales ou thermales d'une contrée offrent-elles une certaine conformité de composition chimique? Cette dernière est-elle restée la même depuis la découverte de ces eaux? De nouvelles sources se sont-elles fait jour sans que la composition des anciennes en ait été modifiée? Quels sont les rapports des éléments des eaux minérales avec la nature des roches qu'elles traversent? N'y en a-t-il aucun?

Que doit-on penser de la fabrication de certaines *eaux artificielles* au moyen de filtrations à travers des fragments de roches choisies exprès? La chimie est-elle assez avancée pour permettre l'imitation parfaite des eaux minérales (1)?

---

(1) Voyez *Kunstliche Mineralwasser*, par Struve. Dresde, 1824 à 1826, 2 cah. in-8°.

La composition chimique des eaux minérales sourdant des roches schisteuses cristallines est-elle différente de celle des eaux au milieu du sol intermédiaire? Quelles sont les variations à cet égard? Les *eaux chaudes* vraiment *hydro-sulfureuses* ne paraissent-elles pas propres à certaines formations intermédiaires, ou du moins à certains pays? N'est-il pas essentiel de distinguer ces sortes de sources de celles qui tirent leur chaleur et leur hydrogène sulfuré du gypse ou des pyrites de terrains très modernes? (*V.* à cet égard, les mémoires de MM. Anglada et Longchamp.)

Dans quels rapports de quantité et d'association se montrent dans telle ou telle source, des sels tels que le carbonate et le muriate de soude, le carbonate et le sulfate de potasse, etc.?

Doit-on vraiment croire que certaines *eaux chaudes* sont tout-à-fait *limpides* et *pures*, et ne doivent leurs propriétés médicinales qu'à une surabondance d'électricité? Le dégagement de l'azote est-il commun à toutes les sources thermales ou seulement à celles auxquelles on peut attribuer une origine volcanique immédiate?

Les eaux chaudes forment-elles des dépôts siliceux? Donnent-elles lieu à la formation du quarz résinite, ou à celle des pyrites? Y a-t-il production de pisolite, de travertin proprement dit ou d'arragonite? Contiennent-elles des parties animales ou végétales, ou quelque substance chimique encore inconnue?

Quelle végétation ou quels animaux y observe-t-on? Quels sont leurs divers effets en médecine, et à quelles de leurs parties constituantes doit-on attribuer telle ou telle de leurs propriétés thérapeutiques?

§ V. Leur origine probable.

Des causes locales peuvent-elles expliquer la forma-

tion des sources minérales? Peut-on attribuer leurs imprégnations étrangères à une espèce de dissolution exercée par l'eau sur les roches traversées? Comment s'explique ce pouvoir dissolvant? Faut-il supposer que l'imprégnation complète n'a lieu que successivement par une série de réactions chimiques, et par le passage des eaux à travers divers dépôts?

Les eaux minérales, en particulier celles qui contiennent du *carbonate de soude* ou qui dégagent de l'acide carbonique, sont-elles des effets de causes naturelles générales? Sont-elles en rapport avec la constitution volcanique ou plutonique d'un pays? Peut-on les regarder comme les derniers indices de l'activité d'une force ignée maintenant latente (1)?

Ne doit-on pas distinguer dans les *eaux gazeuses à acide carbonique*, 1° celles qui sont en même temps tièdes ou thermales, et qui seraient des dépendances des actions volcaniques; 2° celles qui sont froides, résultant de la rencontre d'eaux naturelles avec les émanations souterraines d'acide carbonique; 3° celles qui proviennent de ce que l'air atmosphérique, pénétrant dans des fentes du sol, une partie de son oxygène, acidifie des substances carbonacées, et produit de l'acide carbonique qui se lie à l'eau, et aide à la dissolution du carbonate de chaux?

La chaleur des eaux provient-elle d'une action chimique locale ou d'un foyer volcanique non éteint, qui épuise ses forces dans cette opération d'élever la température des eaux froides circulant dans la croûte terrestre?

---

(1) Voyez *die vulkanischen Mineral quellen Deutschlands u. Frankreichs*, par M. G. Bischof, Bonn, 1826, in-8°.

Y a-t-il des sources qui sont entourées plus ou moins parfaitement de dépôts volcaniques? De semblables roches sont-elles même dans leur voisinage? La composition des eaux et leur température viennent-elles appuyer cette dépendance mutuelle des masses ignées et des eaux minérales?

Les *sources thermales* offrent-elles environ la même composition chimique lorsqu'elles sourdent des mêmes roches ignées, quoiqu'elles se trouvent dans des pays fort éloignés les uns des autres?

L'azote dégagé par les eaux thermales n'est-il pas une preuve à l'appui de leur origine ignée (*Voy.* les mémoires du docteur Daubeny.)?

Doit-on regarder *certaines eaux minérales comme une formation immédiate des actions volcaniques*, qui ont lieu sous la croûte du globe, c'est-à-dire que le liquide aqueux est chassé en vapeur à la surface du sol avec les parties étrangères qu'il contient?

Les sources minérales d'une grande contrée suivent-elles la direction d'une chaîne? Observe-t-on dans leur voisinage de grands dérangements dans la stratification des couches, des contrastes considérables dans les directions et les inclinaisons, ou des failles? Les eaux sourdent-elles du fond de profondes crevasses ou vallées? Sont-elles placées sur des failles? Ces dernières sont-elles bien visibles, ou les fentes sont-elles remplies de débris de roches ou d'alluvions?

Y a-t-il des indices de soulèvements de couches en dos d'âne? Les extrémités de ces dernières sont-elles déchirées? Les roches sont-elles dans un état d'altération ou de décomposition? Ont-elles pris des teintes bigarrées? Ont-elles été décolorées par des acides, ou leur texture a-t-elle été modifiée? Sont-elles devenues tout-à-fait tendres et friables? N'est-ce pas une suite d'un change-

ment dans la composition de certains minéraux? Ces altérations existent-elles dans des lieux ou à des profondeurs où on ne peut les attribuer à la décomposition?

Les rapports géologiques appuient-ils l'idée du soulèvement des montagnes, qui sont placées sur des eaux minérales chaudes ou près de leurs sources? Les chaînes où abondent les eaux thermales sont-elles exposées à des tremblements de terre fréquents et considérables? A-t-on observé que ce dernier phénomène ait une influence sur les sources minérales ou sur leur composition, pendant un certain temps?

A la suite de ces catastrophes, des montagnes ne se sont-elles pas entr'ouvertes pour déverser des torrents plus ou moins grands d'eaux chaudes acidules ou minérales?

Consultez sur les eaux minérales, les ouvrages suivants : *Catalogue des ouvrages sur les eaux minérales*, par Carrère, Paris, 1785, in-4°. L'article de M. Guibourt, *Dict. de médec*, v. 6. L'ouvrage déjà cité de M. Bischof. *Précis historique sur les eaux minérales*, etc., par M. Alibert, Paris, 1826, in-8°. *Physikalisch. Médicinische Darstellung der bekannsten Heilquellen der vorzuglichsten Lander Europas*, par M. E. Osann, Berlin, 1829 à 1832, 2 vol. in-8°. *Abhandlungen von den Minéralquellen in allgemeinen*, par M. G. Stucke, Cologne, 1831, p. in-fol. avec une carte géol. des eaux minérales. Mém de M. Stifft, dans sa *Geognost. Beschreib. des Herzogth. Nassau*, Wiesbaden, 1831, in-8°. *Uber die Mineralwasser*, etc., par M. Sigwart et Leipprand, Tubingue, 1831, in-8°. *Theorie der Quellen*, etc., par M. Werber, Fribourg en Brisgau, 1831, in-8°. *Essai on the natural history, origin, composition, medicinal effects of mineral a. thermal springs*, par M. Meredith Gardner, Londres, 1832, in-12. Mém. pour servir à l'histoire générale des eaux minérales, sulfureuses et thermales, par M. Anglada, Paris, 1828, in-8°, et *Annal. de Chimie*, vol. 20, p. 246. Les *mémoires sur les eaux minérales*, de M. Longchamp, Paris, 1835, et *Annal. de Chimie*,

1821 - 1823, etc. Un mém. de M. Boussingault, sur les eaux thermales. (*Annales de Chim. et de Phys.* v. 23, p. 272.) Mém. du D. Daubeny (*First report of the assoc.*, etc., p. 92, *Edinb. n. phil. j.*, Janv. 1832, p. 49, et *Lond. Phil. trans.*, 1831 et 1833.) Sur les eaux thermales d'Aix-la-Chapelle, par M. Benzenberg (*Iahrb. f. Min.*, 1831, p. 1). Carte des eaux minérales de la France, Paris, 1823; chez Colas.

ARTICLE IV. JETS D'EAU CHAUDE OU GEYSERS.

§ I. Leur histoire.

Quelle est l'époque de la découverte de *ces sources* ? Ont-elles apparues après de grands tremblements de terre? Ce phénomène a-t-il été suivi de changements considérables ? La quantité de l'eau a-t-elle diminuée depuis lors, ou observe-t-on une grande constance à cet égard ? Des sources sont-elles taries après ces catastrophes?

§ II. Leur position.

A quelle distance sont-elles de la mer? Y en a-t-il plusieurs dans le même lieu ou la même contrée? Quelle est la nature du sol dont elles sourdent ?

§ III. Leurs particularités.

Quelle est la forme, le diamètre et la profondeur du bassin d'où sourdent les eaux thermales ? Est-il entouré par un mur circulaire de rochers, ou par un dépôt formé par les sources mêmes ? Le bassin se rétrécit-il en entonnoir jusqu'au débouché des conduits ? Quelle est la forme de ces derniers ? Peut-on en sonder en partie la profondeur ? S'élargissent-ils en débouchant dans le bassin, tandis qu'ils se rétrécissent et deviennent verticaux dans les entrailles de la terre? Leur structure n'offre t-elle rien de régulier?

Quels sont les indices de l'éruption de l'eau chaude? Est-elle précédée par des colonnes de vapeurs, un bruit souterrain, un tremblement du sol? Ce dernier est-il même soulevé? L'eau du bassin devient-elle trouble? Se couvre-t-elle d'écumes? Monte-t-elle avec violence dans le bassin? Sur plusieurs éruptions, la première est-elle toujours la moins forte? La hauteur du jet d'eau est-elle minime?

Quelle est la durée d'une éruption? L'eau du bassin redevient-elle tranquille pendant l'intervalle de deux éruptions? L'émission des vapeurs cesse-t-elle de même? L'eau se retire-t-elle dans les canaux souterrains jusqu'à ce que de nouvelles détonations annoncent la répétition des éruptions?

Quel est le diamètre des colonnes d'eau chaude? Cette dernière monte-t-elle, après plusieurs éruptions, d'une manière réglée jusqu'à une hauteur donnée? Les intervalles de repos sont-ils égaux?

Quel est l'état de l'atmosphère pendant le phénomène? Les brouillards, la pluie, le vent, etc., ont-ils une influence sur lui? Occasionnent-ils de plus fortes éruptions? Certains vents leur sont-ils plus ou moins favorables?

La quantité d'eau qui s'échappe du bassin est-elle peu de chose en comparaison de celle qui y retombe?

S'il y a plusieurs sources de ce genre, quels sont leurs rapports lors des éruptions? Pendant que ce phénomène a lieu dans les unes, les autres sont-elles tranquilles, ou n'offrent-elles que des bouillonnements, ou bien ne donnent-elles que des bouffées de vapeurs? Les éruptions de plusieurs sources ont-elles lieu en même temps? Indiquent-elles une certaine connexion réciproque au moyen de périodes alternatives de repos et d'activité, tantôt dans les unes, tantôt dans les autres?

§ IV. Les propriétés de leurs eaux.

L'eau du bassin est-elle limpide ? Quelle est sa température dans le bassin et dans la colonne soulevée ?

L'eau dépose-t-elle? Y a-t-il formation de quarz résinite concrétionné? Ce dépôt est-il assez considérable pour produire des rochers? Empâte-t-il des restes de végétaux et d'animaux? Outre la chaleur, un alcali est-il la cause de la dissolution de la silice?

§ V. Les causes probables de ce phénomène.

Ces jets d'eau sont-ils dus à des espèces de siphon vidant les réservoirs lorsqu'ils se sont remplis jusqu'à une certaine hauteur? Doit-on y voir une action de la pression des vapeurs de l'eau chaude sur une masse d'eau renfermée dans un réservoir, et communiquant avec la surface au moyen d'un conduit?

ARTICLE V. SOURCES DE PÉTROLE.

De quelles roches sourdent les sources pures de pétrole ou les eaux chargées de cette huile minérale? Sont-elles dans un sol tertiaire ou un terrain argileux secondaire récent ou bien au milieu de calcaires secondaires, ou bien dans un dépôt houiller ancien? Dans ces derniers cas paraissent-elles en rapport avec l'existence des parties bitumineuses de ces roches ou bien sont-elles un phénomène tout-à-fait indépendant des couches traversées par ces eaux? Peut-on y voir un effet de la distillation lente des houilles et des bitumes au moyen de la chaleur terrestre?

Ne doit-on pas distinguer les sources de pétrole des

terrains anciens d'avec celles du sol tertiaire et des contrées volcaniques? Lorsqu'elles se trouvent dans ces derniers rapports, occupent-elles des cavités circulaires? Quel est le diamètre de ces entonnoirs? Quelle est la nature des roches et des éminences qui les environnent? Sont-ce des amas d'argile, et n'y a-t-il pas de végétation.

Ces sources forment-elles de véritables étangs de pétrole? Ces derniers offrent-ils, çà et là, des bouillonnements? Quel est le niveau des étangs, leur diamètre, leur profondeur? Sont-ils entourés de terres d'où s'échappe le naphte?

Y a-t-il des sources salées dans le voisinage? Ou bien des eaux salines et des dégagements de gaz accompagnent-ils la sortie du pétrole? Le sol environnant est-il salin?

Les dépôts de pétrole peuvent-ils être rapprochés des lacs d'asphalte ou d'eau couverte d'asphalte, accident observé dans certains pays volcanisés? Ou bien doit-on comprendre dans un même phénomène l'écoulement du pétrole au milieu d'un terrain subapennin, et la formation du pétrole ou de l'asphalte par distillation ou combinaison chimique de gaz dans le foyer des volcans?

L'abondance du pétrole rejeté depuis un temps immémorial par certaines sources, la fréquence de ces dernières et leur durée dans quelques pays, comme dans les régions caucasiques, l'Asie centrale et l'Amérique, n'excluent-elles pas l'idée de leur dérivation des masses bitumineuses, végétales ou animales, contenues dans la croûte terrestre (1)?

---

(1) Voyez les notes de MM. Reichenbach et Virlet (*Bull. de la Soc. géol. de Fr.*, vol. 4, p. 96, 203 et 372).

CHAPITRE IX.

Fleuves et cours d'eau.

La géologie d'un pays peut beaucoup gagner à l'examen détaillé de son hydrographie. Or cette étude comprend celle du cours des fleuves et des rivières, des torrents et des ruisseaux, qui sont ses tributaires; elle exige qu'on remonte les cours d'eau depuis leur débouché jusqu'à leur source, ou *vice versâ*; elle demande des observations exactes sur la pente diverse du lit des rivières et des torrents, sur la masse de leurs eaux dans différents lieux et sur celle des matières qu'elles charrient suivant les saisons; enfin sur ce qu'elles viennent déverser dans leur réservoir commun, les mers et l'Océan. Souvent un bon relevé hydrographique est déjà pour le géologue une indication pour reconnaître des liaisons entre certaines montagnes et certaines vallées. Si l'on a tout un continent à parcourir, la carte exacte des cours d'eau conduit à d'intéressants résultats, lorsqu'on l'a comparé avec la température, dans diverses contrées, avec la distribution des chaînes et des terrains, avec la différence naturelle des provinces, ou avec leurs degrés de civilisation.

Les cours d'eau servant à l'ordinaire à exposer les couches, et leurs lits actuels n'étant que les plus profonds sillons des cavités jadis occupées par des eaux beaucoup plus considérables, le relevé des bords de grands fleuves pourrait fournir presqu'autant de données que l'étude des falaises sur les bords des mers, si on se sentait le courage d'une entreprise aussi longue que difficile. Ainsi un travail tel que celui que Marsigli a fait

pour le cours du Danube (*Description du Danube*, etc. La Haye, 1794, 6 vol. fol.); une semblable étude du Rhin, de l'Elbe, du Wolga ou de l'Ebre fournirait non-seulement des idées exactes sur la structure de vastes étendues de pays, mais conduirait encore à des vues d'une grande justesse sur les phases géologiques qu'elles ont eu à traverser

Ensuite un tel ouvrage suppléerait à nos connaissances encore imparfaites sur le pouvoir de l'eau de corroder les roches et de charrier plus ou moins loin leurs débris suivant les pentes, la nature des couches traversées et mille circonstances accessoires. Des nivellements exacts de la hauteur des eaux fluviatiles, dans divers lieux et des différentes berges qu'elles ont baignées, amèneraient à des conclusions bien précieuses pour la géogénie comme aussi pour l'établissement et la conservation des travaux de navigation intérieure.

Enfin l'examen soigneux des cailloux d'une rivière peut faire faire des découvertes importantes. Ainsi une seule pepite d'or a conduit souvent à des exploitations lucratives. Ailleurs, des galets ont porté à rechercher et trouver certaines roches, surtout non stratifiées, dont on ne pouvait soupçonner la présence dans le bassin hydrographique d'un fleuve à cause de leur peu d'étendue. Les variolites du Drac ont amené jadis Lamanon à découvrir le curieux pays du Champsaur, en Dauphiné. Certains cailloux peuvent même servir à compléter la description d'un pays ou sa paléontologie jusqu'au moment où le hasard aura fait retrouver leur gisement originaire (*Voy.* partie quatrième, chap. IV, *cailloux roulés*).

§ I. Leur origine, leur cours et leur débouché.

Un fleuve a-t-il sa *source* sur la plus haute sommité

d'une chaîne? Différentes rivières prennent-elles leur origine dans un même groupe de montagnes? Ont-elles des directions très opposées? Commencent-elles par une source, un marécage ou un petit lac alpin? Leur lit n'est-il d'abord qu'une suite de petits bassins ou de lacs.

Des cartes indiquent-elles que le *cours* d'un fleuve a changé depuis les temps historiques, ou bien un pareil changement est-il antérieur à ces époques? Sa direction est-elle restée la même, ou a-t-elle déviée plus ou moins? Dans quels lieux ont eu lieu ces changements? Dans les contrées de plaine ou de montagnes ou bien dans les vallées? Ce changement de direction est-il très subit? Les deux cours sont-ils à angle droit l'un de l'autre?

Le fleuve traverse-t-il au milieu de plaines ou de vallées évasées? Ou se tient-il plutôt sur un des côtés ou près du pied des montagnes?

Dans quels rapports le fleuve est-il avec la chaîne qu'il traverse, ou au milieu de laquelle il circule? Coule-t-il parallèlement à la direction des montagnes et à celle des couches, ou coupe-t-il ces directions? Quelles roches met-il successivement à découvert? Un fleuve sépare-t-il d'une manière tranchée diverses chaînes? Chacune de ses rives est-elle caractérisée par des formations particulières?

Y a-il une différence notable entre les rivières des vallées longitudinales et celles des sillons transversaux? Le cours des premières est-il moins rapide que celui des secondes? Les premières coulent-elles plus souvent sur un sol alluvial que les autres, qui baignent plutôt immédiatement les tranches des couches? La pente du lit des rivières, dans les vallées transversales, est-elle plus fréquemment inégale, tantôt forte, tantôt faible? L'inclinaison de ce plan augmente-t-elle dans les endroits où un fleuve coupe une chaîne par des crevasses plus ou

moins profondes? Ne sont-ce pas les endroits où se trouvent le plus ordinairement les cascades et les rapides?

Le cours d'un fleuve est-il en partie souterrain? Disparaît-il tout-à-fait ou reparaît-il après un certain espace de terrain, ou bien n'a-t-on que des soupçons sur l'endroit où ses eaux se remontrent au jour? Cet accident a-t-il lieu dans tous les dépôts, ou n'est-ce que le propre des terrains calcaires et surtout de ceux qui sont peu inclinés? Un fleuve se perd-il dans le sable, une rivière dans des alluvions, un torrent dans des débris de rochers?

§ II. La nature de leurs rives.

Les bords des cours d'eau sont-ils abruptes ou en pentes douces? Quelle est leur nature? Quels cailloux y trouve-t-on? Les morceaux roulés appartiennent-ils à des roches du voisinage ou viennent-ils de loin? Comment un fleuve a-t-il reçu tous les cailloux qu'on y trouve? Quelle est la part que chaque rivière et chaque torrent tributaire a eu dans ce charriage?

§ III. Leur lit.

Le lit est-il en ligne droite ou en zig zag, ou forme-t-il des ondulations très prononcées? Ces dernières ne sont-elles pas plus fréquentes dans les plaines ou les vallées très évasées, que dans les montagnes où dominent les autres genres de lits? Le lit est-il composé de rochers, ou est-il formé par des blocs, des débris ou des alluvions? Est-ce un véritable canal creusé dans une série de couches dont les tranches sont mises ainsi à nu? Y peut-on observer, par hasard, des accidents de filons, ou des dykes ressortent-ils au milieu des rochers stratifiés?

Le fond de la rivière est-il sableux? Ce sable est-il granitique, quarzeux, calcaire, etc.? Est-il mélangé de

coquillages fossiles, de pétrifications, de parties métalliques? Est-il aurifère, titanifère ou planitifère?

Est-ce une tradition que la rivière charrie de l'or ou des pierres précieuses? Les rivières qui sont dans ce cas ne coulent-elles pas plutôt sur des formations récentes de roches, sans trace de métaux précieux, que sur des terrains anciens? Ces débris de métaux précieux se laissent-ils poursuivre en remontant les rivières, ou cessent ils de se montrer à une certaine élévation? Peut-on arriver à leur origine, ou aux gites dont ils ont été arrachés?

Le lit d'une rivière est-il plus élevé que le niveau de la vallée ou de la plaine, en conséquence des alluvions qui y ont été charriés des montagnes voisines? Cet accident est-il si considérable qu'une digue accompagne la rivière et empêche qu'elle ne se deverse dans la plaine?

Le lit d'une rivière est-il constamment à la même place? Ou change-t il souvent? Quelle est à cet égard, l'historique du cours de la rivière?

§ IV. Leur pente.

La pente est-elle uniforme et insensible, ou inégale et, cependant, considérable? Quelle est la pente totale depuis la source jusqu'à l'embouchure de la rivière? Quelle est la pente pour telle et telle étendue de son lit?

§ V. Leur largeur.

Quelle est la largeur de la rivière dans différents lieux? Reçoit-elle beaucoup de cours d'eau? De quel côté sont surtout les affluents?

§ VI. Leur profondeur et leurs inondations.

Quelles sont les eaux les plus hautes et les plus basses? Quelles sont les périodes alternatives observées à cet

égard? Dans quels rapports sont-elles avec les saisons, les pluies ou la fonte des neiges? Y a-t-il des crues périodiques? Occasionent-elles des inondations générales? Quel est leur effet sur le sol arable (1)? Certains pays seraient-ils incultes sans leurs rivières?

Quelles preuves observe-t-on de leur niveau autrefois plus élevé? Quel est le point le plus haut qu'on peut croire que les eaux ont pu atteindre? Les fleuves ont-ils laissé des traces incontestables de leur grandeur et de leur profondeur jadis beaucoup plus considérable? Ont-ils rempli les vallées entières sur le fond desquelles ils coulent maintenant? Y a-t-il des indices d'un abaissement successif de leur niveau? Les bords des vallées sont-ils divisés en étages ou terrasses? Les rochers offrent-ils à différents niveaux des lignes d'érosion ou de cavités creusées par les eaux? Combien en observe-t-on, et à quelle distance se tiennent-elles l'une de l'autre? L'abaissement a-t-il eu lieu plutôt par secousses que graduellement? Ou bien le changement de niveau dans les eaux des fleuves a-t-il été subit, et n'a-t-il laissé de traces que la vaste érosion des cavités formant les vallées actuelles? Observe t-on, sous ce dernier rapport, une différence entre les vallées des pays de plaines et celles des pays de montagnes? Les abaissements des eaux par suite de ruptures de digues n'ont-ils pas été plus fréquents dans les montagnes que dans la plaine? Ces digues ont-elles été détruites lentement, par érosion fluviatile ou marine, ou subitement, en conséquence de la pression exercée par la masse des eaux, ou par suite de fendillements du

---

(1) Consultez *An account of the great floods of August*, 1829, *in the province of Moray*, etc., par M. Dick-Lauder, Edimbourg, 1830, in-8°.

sol occasionés par des tremblements de terre ou des soulèvements?

§ VII. La rapidité de leur cours.

La rapidité d'un cours d'eau est-elle çà et là différente ou partout uniforme? Peut-on l'estimer approximativement?

§ VIII. La quantité de leurs eaux.

Peut-on apprécier la quantité d'eau charriée annuellement par une rivière à la mer? Combien en reçoit-elle réellement dans son cours, et combien s'en perd-il jusqu'à son arrivée à la mer?

§ IX. La nature de leurs eaux, sa couleur, sa limpidité, sa température, etc.

Y a-t-il, à cet égard, des différences suivant les saisons? Ces variations s'expliquent-elles par des circonstances locales ou accidentelles? Les rivières alimentées par les neiges sont-elles les plus froides? Offrent-elles, en hiver, le phénomène de la formation de la glace sur son fond, et cela occasione-t-il un grand charriage de glaçons (1)?

Dans quel terrain les eaux sont-elles les plus limpides? Prennent-elles différentes teintes suivant le sol sur lequel

(1) Voyez sur cette question un mém. de M. F. A. Knight (*Lond. phil. trans*, 1816, Part. 2, p. 286); de M. Mackeever (*Annal. of phil.* Vol. 3, p. 187); de M. Merian. (*Bibl. univ.* Vol. 28, p. 125); de M. Hugi, (dito 1832); de M. Arago, (*Annuaire du Bur. des longit.* pour 1833, p. 244); de Strelke (*Annul. de Phys.* de Poggendorf, N. S., vol. 28, p. 223); de Silliman, (*Americ. J. of. Sc*, vol.. 3, cah. 1, p. 179), etc.

elles coulent? La couleur verdâtre claire est-elle propre à l'eau descendant sur des pentes de certains granites blanchâtres? La couleur bleue ou vert foncé est-elle en quelque rapport semblable avec le sol? La couleur brune provient-elle du passage des eaux sur un terrain tourbeux? La couleur rouge est-elle due à la suspension de particules de granite rouge, ou de fer oxydé, ou du ciment de grès rouge? La couleur grise dépend-elle des schistes argileux ou marneux broyés et délayés par l'eau? En général, peut-on croire que la teinte des eaux dépend quelquefois des matières composant les roches et de la dissolution de certaines d'entre elles par l'eau?

Une rivière qui traverse un lac change-t-elle de couleur par suite du dépôt des matières qui la souillait?

L'eau charrie-t-elle beaucoup de limon, de sable ou de cailloux? Quelle est la grosseur de ces derniers? Peut-on estimer la masse annuelle des alluvions que la rivière amène à la mer (1)? La rivière est-elle sujette à des ensablements fréquents?

L'eau dépose-t-elle du travertin? Ou observe-t-on sur ses bords des dépôts semblables qui indiquent qu'elle avait autrefois cette propriété? Des sources se font-elles jour dans le lit de la rivière, et altèrent-elles la nature de ses eaux?

L'eau de la rivière dégage-t-elle de l'acide carbonique? Ou est-elle même mêlée d'un acide minéral (acide sulfurique ou muriatique) à cause du voisinage de quelque volcan?

---

(1) M. Horner estime que le Rhin charrie annuellement à la mer 1,973,433 verges cubes de matières solides (*Edimb. N. phil. J.* Janv. 1835). M. Everest a calculé que le Gange versait chaque année dans l'Océan indien, 5 à 6 milliards de pieds de cubes de limon (*J. of the asiat. soc. of Bengal*, vol. 1, n°. 11, p. 549).

§ X. L'influence des rivières et de leurs alluvions sur la configuration d'un pays.

Une rivière donne-t-elle un caractère particulier à une contrée? Les anciennes inondations ont-elles modifié considérablement son relief? Certains dépôts ont-ils eu jadis une étendue bien plus considérable, et ont-ils été détruits en grande partie? Reste-t-il des témoins de ces destructions?

La rivière forme-t-elle encore des alluvions? De quel genre sont-elles? Sont-elles partout les mêmes? Occupent-elles beaucoup de place? La rivière charrie-t-elle beaucoup de bois, et, en général, de végétaux; et, dans ce cas, où, comment et sous quelle forme les dépose-elle?

Y a-t-il formation d'îles dans le lit du fleuve et surtout à son embouchure? Le voisinage de la mer et son mouvement de flux et de reflux ne favorisent-ils pas la formation des alluvions? Un delta véritable existe-t-il déjà ou n'est-ce encore qu'un banc de sable découvert à basse marée? Dans quel ordre les matières alluviales se déposent-elles? Forment-elles des couches régulières, horizontales ou inclinées?

§ XI. Leurs végétaux et leurs animaux.

Quels sont les végétaux aquatiques et les animaux des rivières? Ces dernières offrent-elles quelque chose de remarquable à cet égard? S'y forme-t-il des amas de végétaux, ou certains animaux tels que des mollusques, y sont-ils assez abondants pour donner lieu à la production d'un dépôt?

CHAPITRE X.

Lacs.

ART. I. LACS D'EAU DOUCE.

§ I. Leurs rapports généraux, leur position, leur désignation, etc.

Les lacs sont-ils dans des vallées élevées ? Des faits indiquent-ils que leur nombre a été jadis plus grand ? Un seul lac remplit-il tout le fond de la vallée ? Les lacs occupent-ils des cavités circulaires ou elliptiques dans des gorges ou sur de petits plateaux ou dans les plaines ?

La direction en longueur d'un lac coupe-t-elle celle d'une chaîne ? Le lac remplit-il une vallée transversale ou longitudinale ? Le lac occupe-t-il une fente traversant une chaîne de part en part ? Ou bien n'est-il situé que sur son pied ?

Les pentes d'une chaîne offrent-ils beaucoup de lacs ? Une série de lacs bordent-ils certaines chaînes ? Sont-ils aussi fréquents sur un versant d'une chaîne que sur l'autre ?

A quelle élévation un lac se trouve-t-il par rapport à la plaine, la vallée ou la rivière voisine ? Dans quel rapport est-il à cet égard avec d'autres lacs et avec la mer ? Est-il situé dans la région des neiges perpétuelles ? Dans ce cas, est-il gelé une partie de l'année ? Contient-il des poissons et de quelle espèce ?

La configuration du lac est-elle bien représentée sur les cartes ? Ses bords sont-ils sujets à varier de forme par suite de la production d'alluvions et de destructions locales ?

Certaines parties du lac sont-elles exposées à des coups de vent violents, sans que le reste de sa surface en

souffre notablement? Sa surface offre-t-elle quelquefois des parties en apparence tranquilles et miroitantes à côté de portions agitées? Ce phénomène est-il dû à la différente pesanteur des diverses colonnes aériennes, à des courants ou à des phénomènes liés à l'électricité atmosphérique?

Y a-t-il des courants? Des gaz s'échappent-ils du lac quelquefois avec explosion?

Un lac a-t-il eu jadis plusieurs noms? D'où lui sont venues ces dénominations? Est-ce de villes ou de contrées qui ont été florissantes à certaines époques?

§ II. Leur grandeur.

Les plus grands lacs ne sont-ils pas dans le milieu ou le voisinage des chaînes les plus considérables? Dans ce cas, les cavités occupées par des lacs ne sont-elles pas très près des plus hautes cimes d'une chaîne?

Leur longueur. Le lac est-il, en général, plus long que large?

Leur largeur. La largeur augmente-t-elle surtout dans certaines directions? Quelle influence les rochers environnant un lac ont-ils sur sa plus ou moins grande largeur? Des faits démontrent-ils qu'anciennement son étendue était plus considérable? Y a-t-il à l'entour des séries de terrasses ou d'étages garnies d'alluvions, des marques d'érosion sur les rochers ou de grandes étendues de pays bas et marécageux? La diminution en étendue a-t-elle eu lieu graduellement ou subitement? A-t-elle été causée par les rivières ou les torrents débouchant dans le lac, charriant du limon, des cailloux et même des blocs de rochers, et déposant ces débris non loin de leur embouchure?

Ces alluvions produisent-elles des étendues considérables de terre ferme? Rempliront-elles petit à petit la

cavité du lac? A-t-on fait déverser artificiellement des torrents dans ce dernier?

Leur profondeur. Il faut choisir pour descendre la sonde, dans un moment de calme. Quand elle est arrivée sur le fond, il faut la soulever et laisser retomber plusieurs fois, pour bien s'assurer qu'elle touche le fond. Lorsque ce dernier est formé de limon, il devient quelquefois difficile de retirer la masse de métal.

Quelle est la profondeur du lac dans divers endroits et à l'époque des moyennes eaux? A-t-on fait des mesures à cet égard? La profondeur augmente-t-elle insensiblement ou subitement? Dans quel endroit le rivage s'enfonce-t-il le plus rapidement? La profondeur est-elle la plus considérable dans le milieu du lac et dans la direction de sa plus grande dimension? Les lacs remplissant des vallées transversales sont-ils plus profonds que ceux qui sont placés parallèlement à des chaînes? Les lacs des pays de plaine sont-ils en général profonds ou peu profonds?

Dans quels rapports les rives du lac sont-elles avec sa profondeur? Cette dernière est-elle toujours très grande près de bords escarpés? Le fond d'un lac s'abaisse-t-il au niveau d'une mer voisine?

§ III. Leurs rives.

Les rives sont-elles douces, et la cavité du lac est-elle évasée? Est-il entouré de murailles verticales? Les escarpements lui donnent-ils l'air de remplir une abyme? Ces dernières particularités démontrent-elles que l'explication de son origine par excavation graduelle n'est pas soutenable? La même roche forme-t-elle tous ses bords? Les eaux exercent-elles une grande action sur ses rives, en particulier lors des ouragans? Ces effets se sont-ils beaucoup modifiés depuis les temps anciens?

§ IV. La source des eaux d'un lac.

Le lac est-il alimenté par des sources sourdant sur son fond? Peut-on démontrer leur présence, parce qu'en hiver, la glace ne couvre pas ou ne recouvre que faiblement les points de la surface au-dessus de ces sources? Le lac est-il alimenté par des rivières? Quels sont environ les rapports entre le niveau des eaux du lac, et la masse de liquide qui y afflue? Le lac reçoit-il de grandes rivières, sans que, pour cela, le niveau de ses eaux semble augmenter? Trouve-t-on, au contraire, des indices d'une diminution des eaux, et l'évaporation paraît-elle enlever plus d'eau qu'il n'y en arrive?

Le lac est-il alimenté par des eaux de glaciers ou de neiges? Ou est-il en liaison avec la mer? Dans ce dernier cas, les rapports de niveau entre la mer et le lac rendent-ils possible le mélange d'eau salée et d'eau douce? Un lac n'est-il sans écoulement que parce qu'il est en quelque liaison cachée avec la mer ou qu'il descend au même niveau qu'elle?

Des lacs situés en étages déchargent-ils leurs eaux les uns dans les autres librement ou par des voies détournées?

Un lac n'existe-t-il qu'accidentellement par le barrage d'une vallée au moyen d'une avalanche de neige, d'un glacier ou d'un éboulis? S'il parvient à rompre cette digue, quels sont les effets de son écoulement subit? L'eau, chargée de matière terreuse, et descendant sur une pente assez forte, n'acquierre-t-elle pas une force prodigieuse de charriage et d'érosion (1)?

---

(1) Voyez les mémoires sur la catastrophe de la vallée de Bagnes.

§ V. Leur liaison avec des cours d'eau.

Un lac donne-t-il naissance à un ou plusieurs cours d'eau? Ces derniers ont-ils différentes directions? Des rivières traversent-elles un lac? Un fleuve passe-t-il à travers plusieurs lacs? L'entrée et la sortie d'une rivière dans un lac sont-elles visibles ou cachées par des blocs et des cailloux? Un lac reçoit-il un fleuve sans qu'il n'en sorte? Les lacs sans rivières affluentes sont-ils toujours d'une étendue peu considérable? Les eaux d'un lac ont-elles leur écoulement au moyen d'entonnoirs et d'un conduit souterrain, dont l'issue se trouve à une cascade ou à l'origine d'un torrent plus ou moins éloigné du lac? Cet accident n'est-il pas surtout fréquent dans les terrains calcaires?

Un lac n'est-il pas permanent et n'est-il que le résultat momentané d'un dégorgement de réservoirs souterrains? Ou bien un lac n'est-il que l'effet de l'inondation d'un fleuve et de la réunion de plusieurs de ses branches en un grand amas d'eau, comme cela arrive dans le temps des pluies sous les tropiques? Un lac met-il, lors des hautes eaux, momentanément en communication deux bassins différents?

§ VI. Leur rapport entre eux.

Des lacs ne sont-ils séparés les uns des autres que par des marécages ou des plaines tourbeuses, de manière à prouver leur ancienne liaison? Quels faits rendent probable que certains lacs sont liés ensemble au moyen de conduits souterrains? Certain petit lac peut-il être considéré comme le prolongement d'un plus grand? N'occupe-t-il que l'extrémité renflée d'une fente dont d'autres élargissements forment les cavités de plus grands lacs?

§ VII. Leur eaux.

Leur couleur et leur limpidité. Quelle est la couleur de l'eau du lac? Quel changement de teinte y occasionent les ouragans? Les couleurs d'un vert foncé deviennent-elles noires et les bleues foncées grises? L'eau prend-elle une couleur laiteuse après un orage? Combien de temps dure ce phénomène? Des poissons morts surnagent-ils dans ces moments là? Les rivières qui entrent dans un lac y produisent-elles quelque altération?

Leur goût. L'eau est-elle salée? A-t-elle un goût désagréable? Est-elle potable? Est-elle si peu salée qu'on puisse attribuer cet accident à des filtrations de l'eau d'une mer voisine, ou même à des portions d'eau de mer jetées dans le lac maritime lors des tempêtes? Les lacs sont-ils d'autant plus salés qu'ils sont près des rivages? Peut-on croire que les parties salines de la mer soient portées fort loin dans les terres pendant les grands ouragans? Lorsque la salure d'un lac est presque aussi forte que celle de la mer, doit-on croire qu'il y a une connexion entre ces deux espèces de réservoirs d'eau?

Leur température. Quelle est la température du fond d'un lac comparée à celle de la surface pendant différentes saisons? Les couches d'eau à une certaine profondeur ont-elles partout la même température constante? La température diminue-t-elle davantage en allant de haut en bas, lorsque les profondeurs sont considérables? Des circonstances particulières, telles que des sources, etc., l'élèvent-elles çà et là? Un lac gèle-t-il en hiver jusqu'à une grande profondeur?

Leur quantité et leur mouvement. Le niveau de l'eau est-il toujours environ le même? Ou bien l'eau monte-

t-elle et s'abaisse-t-elle alternativement? Quelle est la plus grande différence observée dans la hauteur absolue des eaux? Y a-t-il des preuves d'un niveau général jadis plus élevé?

Les saisons ont-elles un effet régulier sur le niveau élevé ou bas de l'eau? Les hautes eaux dépendent-elles de celles amenées par les rivières sortant des grandes chaînes?

Les orages, les ouragans aux époques des équinoxes ou les vents soufflant dans certaines directions, ont-ils une influence marquée sur l'augmentation de la hauteur des eaux?

Ces dernières éprouvent-elles une ascension et un abaissement subit ou irrégulier, sans qu'on puisse y voir un effet de la fonte des neiges? La surface de l'eau s'élève-t-elle sans mouvements désordonnés et sans courants, rapidement, jusqu'à une hauteur considérable pour redescendre ensuite après quelque temps? Y observe-t-on le phénomène des *seiches* du Leman, c'est-à-dire une espèce de flux et de reflux? Quelle est la plus grande et la moindre hauteur de ces marées? Quelle est l'intervalle de temps entre le flux et le reflux? Ce phénomène se répète-t-il dans la même journée ou n'a-t-il lieu qu'une fois? L'eau monte-t-elle le plus dans les lieux voisins du débouché des eaux du lac, ou dans les endroits où le lac se rétrécit? Ces seiches ont-elles lieu dans toutes les saisons et à toutes les heures du jour? Sont-elles plus fréquentes de jour que de nuit, au printemps et en automne qu'en été et en hiver? Ces phénomènes sont-ils indépendants de la température, mais plus fréquents et plus forts lorsque le temps est variable? Sont-ils en quelque rapport avec le voisinage de hautes montagnes? Sont-ils si peu considérables qu'on ne peut les observer que sur des pilotis dans l'eau? Ont-ils lieu

généralement sur tous les lacs de pays de montagues ou au pied de grandes chaînes (1)?

Un lac a-t-il des *courants*? Sont-ils réguliers ou irréguliers? Leur surface supérieure est-elle moins sujette à se rider que le reste du lac?

§ VIII. Leurs végétaux.

Quelle est la végétation des bords du lac? Occasionne-t-elle quelque dépôt, tel qu'un limon tourbeux, des amas de bois, etc.?

§ IX. Leurs animaux.

Quels sont les animaux habitant le lac? Y en a-t-il de particulier à un lac? N'habitent-ils que ses bords? Ces animaux ont-ils beaucoup de rapports avec ceux des plages maritimes? Observe-t-on autour du lac et au-dessus de son niveau actuel des dépouilles de mollusques identiques avec ceux qui habitent actuellement ses eaux?

§ X. Leur origine probable.

Un lac n'est-il qu'une baie séparée accidentellement de la mer par des alluvions, par le travail des zoophytes, etc.? Si un lac est dans une plaine, peut-on dire qu'il ne remplit qu'une concavité originaire du sol, qui n'a jamais été comblée complètement par les alluvions? Ou bien indique-t-il l'ancien lit d'une rivière qui a pris maintenant un autre cours? Ou est-ce une cavité d'éboulement?

---

(1) Voyez un mémoire sur les Seiches, par M. Vaucher, *mem. de la soc. de phys. de Genève*, Vol. 6, part. 1, p. 35.

Si le lac est dans des montagnes peu escarpées, doit-on croire qu'il occupe une cavité formée par la rencontre de plusieurs vallées et remplie par les eaux de ces dernières?

La nature escarpée de certains lacs, leur situation très encaissée au milieu de hautes montagnes, sont-ils des preuves suffisantes pour croire à de grands écroulements et à la formation violente de vastes entonnoirs, devenus des lacs par la suite des temps? Ces écroulements sont-ils une suite de soulèvements? Un lac peut-il être dû à des écroulements produits par la dissolution souterraine de masses salines ou gypseuses?

Un lac n'est-il que le cratère d'un volcan éteint? Comment distinguer ce genre de lac de ceux occupant au milieu du terrain secondaire des espèces d'entonnoirs produits par des éboulis gypseux? Un lac doit-il son origine à la destruction de la partie supérieure ou moyenne d'un cône volcanique? Ou bien est-ce une cavité circulaire produite par une seule éruption pulvérulente?

Comment sont disposées les matières et les roches qui entourent le lac volcanique? Est-il environné d'amas fragmentaires? Les pentes de ses bords sont-elles très fortes vers le lac et très faibles à partir du lac vers son pourtour extérieur? L'inclinaison des couches correspond-elle, dans ce cas, à celle des pentes, comme dans les cratères de soulèvement? Le lac est-il un véritable cratère de ce dernier genre?

La fréquence des lacs, dans certains pays, prouve-t-elle que les dépôts s'y prêtaient à la formation de pareils cavités ou plutôt que ces contrées ont été fort disloquées?

ART. II. LACS SALÉS.

Ces lacs sont-ils dans le voisinage de la mer, sur les rives des fleuves ou dans l'intérieur d'un pays, le long de grandes chaînes, ou dans les plaines qui séparent deux chaînes? La forme circulaire est-elle fréquente dans ces lacs? Leur étendue est-elle considérable?

Le sol de leurs alentours est-il tourbeux ou marécageux? Une digue de sable entoure-t-elle le lac saumâtre? Ou bien est-il au milieu de rochers? Occupe-t-il le fond d'une fente de montagnes?

Ses bords sont-ils incultes et même non habités jusqu'à une certaine distance? N'offrent-ils que quelques chétifs arbrisseaux et quelques végétaux maritimes ou salins?

Ces lacs ne sont-ils pas en rapport évident avec certains dépôts secondaires ou tertiaires? Y a-t-il dans leurs environs des bancs de sel gemme ou des sources d'eau salée? Y a-t-il des dégagements gazeux dans le lac?

Des rivières coulent-elles dans le lac salé? Quelle est la nature de leurs eaux? Sont-elles tièdes? Contiennent-elles beaucoup de parties calcaires ou salines? Le sol, au débouché de ces rivières est-il très marécageux? Leurs eaux ne gèlent-elles pas en hiver? Leur lit est-il sec en été?

Les eaux de ces lacs éprouvent-elles pendant les grandes chaleurs estivales, un abaissement considérable? Les lacs peu profonds se dessèchent-ils même? Se forme-t-il, à cette époque, sur la surface, des croûtes de sel cristallisé régulièrement ou confusément, qui tombent ensuite au fond de l'eau? Les vents violents ne favorisent-ils pas ce dépôt? Des lits d'argile n'alternent-ils pas avec le sel?

Un lac salé n'a-t-il point de poissons? Y en a-t-il dans les rivières qui s'y jettent? Les poissons qui arrivent par hasard dans le lac y meurent-ils? Y a-t-il d'autres ani-

maux aquatiques, tels que des canards, etc.? Y a-t-il des insectes particuliers dans les environs (1)?

Quelle est leur *origine?* Est-elle en quelque connexion avec l'action volcanique? Ces lacs sont-ils au milieu de pays volcanisés? Ou bien sont-ce des eaux devenues salées par la dissolution souterraine de masses de sel?

ART. III. LACS DE NATRONS.

Les lacs de cette espèce ne sont-ils propres qu'à certaines zônes de la terre? Sont-ils toujours dans de grands déserts, ou du moins dans des plaines sableuses? Y en a-t-il toujours plusieurs ensemble et séparés seulement par des sables?

Leur étendue est-elle considérable? Leurs eaux sont-elles pures ou rougeâtres? Le sol sableux est-il composé de parties quarzeuses? Est-il fort imprégné de particules salines? Est-il très riche en carbonate de chaux? Ces couches de peu d'épaisseur reposent-elles sur de l'argile ou des marnes?

La végétation des alentours n'est-elle que chétive et maritime, étant composée surtout de *Salicornia*, de *Salsola*, etc.?

Les bords et le fond du lac sont-ils formés de masses argileuses mêlées de sable? Le rivage offre-t il beaucoup de petites anfractuosités creusées par des sources? Quelle est la profondeur de ces dernières? Le sol au-dessus de ces sources est-il couvert d'efflorescences salines en plus grande abondance qu'ailleurs?

---

(1) *Voyez* Insectes des bords du lac salé dans le Mansfeld, par M. Germar (*Entomol. Archiv* Vol. 2, Cah. 1).

Revue des coléoptères vivants sur le sol salin et les eaux salées, par A. Ahrens (*Isis*, 1833, Cah. 7 p. 642).

D'où les lacs de Natron tirent-ils leurs eaux? Leur niveau hausse-t-il régulièrement pendant certaines saisons pour baisser ensuite, et même jusqu'à tel point que le lac est complétement desséché pendant plusieurs mois? Une efflorescence de carbonate de soude ne couvre-t-elle pas alors le sol? Lorsqu'on enlève cette croûte, se renouvelle-t-elle dans l'espace de quelques jours?

La liaison de ces lacs de Natron avec les sources contenant du carbonate de soude n'est-elle qu'apparente? La composition de ces dernières, renfermant du carbonate de soude, mélangé de muriate et de sulfate de soude, n'offre-t-elle pas une concordance frappante avec la composition de l'eau de mer?

Peut-on admettre que les sels de soude du lac étaient contenus dans le sol environnant? Est-il possible d'expliquer autrement leur origine? Ne se produisent-ils pas sans cesse par une réaction du sel marin sur le carbonate de chaux et l'eau ne fait-elle que dissoudre les parties salines du sol et les amener dans le lac?

ART. IV. Lacs d'Asphalte.

A quelle distance de la mer et à quel niveau se trouvent ces lacs?

Ont-ils de loin l'apparence d'une eau tranquille avec des groupes d'arbrisseaux, de roseaux, etc., tandis que vus de près, ils n'offrent qu'une nappe de poix minérale?

Quelles sont les roches qui les entourent et constituent leur fond?

Le lac a-t-il une étendue déterminée, ou sa démarcation avec le sol n'est-elle pas toujours fixe?

Un tel lac s'élève-t-il au-dessus du terrain environnant?

Quelle est la nature du bitume? Sa couleur, sa cassure, son éclat, sa pesanteur spécifique, etc.? Sa consistance est-elle, dans certaines saisons, assez grande pour pouvoir porter un homme tout en recevant les impressions de ses pieds? La surface se ramollit-elle en été au point de passer à un état fluide?

Des cavités artificiellement formées dans le bitume se remplissent-elles bientôt de nouveau?

De nombreuses fentes traversent-elles la masse du bitume? Ont-elles toutes sortes de direction? Sont-elles plus profondes que larges? L'eau pluviale s'y rassemble-t-elle? Cette eau est-elle pure? Des poissons peuvent-ils y vivre?

Quelle est l'*origine probable* des lacs d'Asphalte? Sont-ce des espèces de solfatares volcaniques particulières?

Le bitume n'est-il produit que très peu au-dessous de la surface terrestre par la combinaison des gaz exhalés par les volcans? Ou bien est-ce une distillation lente de matières bitumineuses de la croûte terrestre?

CHAPITRE XI.

Mers.

§ I. Leur nature.

La mer est-elle intérieure, ou une méditerranée, ou un océan? Si elle est intérieure, quels sont ses moyens de communication avec l'Océan? N'y est elle liée que par un détroit ou par plusieurs larges ouvertures? N'en est-elle séparée que par une série d'îles? Dans ce cas, n'est-il pas probable que c'est un immense golfe qui s'est séparé petit à petit de l'Océan? Ou bien une médi-

terrannée parfaite qui, par divers accidents, est passée à l'état de mer intérieure?

§ II. Leurs côtes.

L'étude des côtes est extrêmement importante pour le géologue. Dans les voyages sur mer, il ne faut pas se contenter de dessiner leurs contours, mais il faut encore déterminer la nature de leurs roches et leur position exacte, ainsi que le niveau des hautes et basses eaux, afin de pouvoir juger, dans la suite des temps, si la terre a éprouvé quelque changement de niveau ou quelque destruction.

Les côtes sont-elles en pente douce et insensible, ou sont-elles escarpées?

Leurs formes correspondent-elles, en général, à celles des chaînes voisines? Y a-t-il beaucoup de baies? Quelle est la position, la forme et l'étendue de ces dernières? Entrent-elles fort loin dans la terre ferme?

Y a-t-il des lagunes et des étangs le long des côtes de la mer?

Quels sont les rapports de la nature, de la hauteur, de la stratification et des formes des masses de rochers sur les rivages?

Quel est l'effet du flux et du reflux, et, en général, de l'eau sur les rochers? Ont-ils perdu leurs angles, offrent-ils des contours arrondis, des surfaces polies? Y a-t-il des anfractuosités? Les rochers sont-ils rougés jusqu'à un certain niveau? Y a-t-il des cavités en forme de grottes? Sont-elles au niveau des plus hautes eaux, ou lui sont-elles supérieures? Y a-t-il des indices que la côte a changé beaucoup et change encore de formes?

Des rochers à marée basse ou des bancs de sable démontrent-ils qu'elle a éprouvé des destructions? Ou bien

la mer s'en est-elle éloignée au moyen de la formation d'amas de débris, ou par un changement dans les courants, ou par un abaissement du niveau des eaux, ou bien par un soulèvement de la terre ferme (1)?

La côte est-elle couverte de beaucoup de cailloux très divers? De quelle nature sont-ils? Sont-ils posés de champ d'après les lois de la pesanteur et par la force de la vague du flux? Y a-t-il beaucoup de sable? De quelle nature est-il? D'où provient-il? A-t-il été amené par l'eau des hauteurs situées dans le voisinage, ou bien fait-il partie d'un delta fluviatile? Jusqu'à quel point peut-on remonter à son origine? Peut-on le regarder comme produit par le mouvement du flux et reflux? Les vagues le déposent-elles par lits d'après les lois de la pesanteur? Les ports sont-ils sujets à s'ensabler? Le sable contient-il des coquillages, des parties métalliques, des gemmes, etc.? Y a-t-il formation journalière de grès, de calcaires arénacés, d'oolites et de pisolites sur les rivages, par suite d'eaux chargées de carbonate de chaux?

Quels coquillages la mer rejette-t-elle? Forment-ils des amas sur le rivage? Y a-t-il des polypiers, ou même les polypes sont-ils occupés à y bâtir des rescifs? Les endroits où ce dernier phénomène a lieu sont-ils profonds?

Jusqu'à quelle hauteur de la côte dénudée de toute végétation atteint la vague chassée par un vent impétueux? Ne voit-on à ce niveau que des plantes salines?

---

(1) Voyez à ce sujet *Geological a. historical obs. on the eastern valley of Norfolk*, par M. Robberds Norwich, 1826.

On the geology of east Norfolk, etc., par M. Rich. C. Taylor, Londres 1827, in-8o pl.

Les recherches sur les changements arrivés aux côtes en Angleterre, par M. Stevenson, (*Mem. of the werner. soc.* Vol. 2, et *Edinb. phil. j.* Vol. 3).

§ III. Le niveau de leurs eaux.

Quel est leur plus haut niveau ordinaire et extraordinaire? Le niveau d'une mer est-il supérieur ou inférieur à celui d'une mer voisine? Les mers intérieures ont-elles toujours un niveau supérieur à celui des océans? N'y a-t-il réellement des mers intérieures qui présentent le fait contraire?

Quel est le niveau des marées aux équinoxes? Quelles sont les particularités des marées? Les différences d'élévation entre le flux et le reflux sont-elles toujours égales? Ou bien sont-elles si peu considérables qu'on ne peut les observer que par une mer bien calme?

Des détroits et des canaux étroits liés à la pleine mer donnent-ils plus de force et de hauteur aux marées? ces circonstances les rendent-elles irrégulières? Jusqu'à quelle distance de la mer les mouvements des marées se font-elles sentir dans les fleuves?

Quelle est l'étendue de côtes laissée à sec lors des plus grandes basses marées?

Y a-t-il ou n'y a-t-il pas de preuves des changements arrivés dans le niveau de la mer? Y a-t-il des endroits jadis sur ses bords qui en sont maintenant plus ou moins éloignés?

Des édifices anciens ont-ils été engloutis par les eaux, et se voient-ils encore sur leur fond? Des alluvions fluviatiles ont-elles éloigné la mer de certains rivages et étendu la terre ferme? Des marques faites anciennement sur les rochers indiquent-elles, pour l'eau un niveau jadis plus élevé? Observe-t-on, à cet égard, dans l'intérieur des terres, des traces de l'action d'une ancienne mer plus élevée?

Y a-t-il des rainures ou des cavités sur la surface des rochers? Y a-t-il des bancs d'huîtres ou de coquillages ma-

rins ? Y a-t-il des rochers couverts encore de certains coquillages non pétrifiés, par exemple, de balanes, etc.? Y a-t-il des roches renfermant des restes d'animaux marins, masses qui ont été délaissées par la mer et non soulevées hors de son sein ?

Les rochers présentent-ils des trous de pholades ou d'autres lithodomes à différentes hauteurs au-dessus du niveau actuel de la mer ? Y a-t-il plusieurs lignes de perforations semblables, de manière qu'on peut avoir une idée de l'abaissement successif de la mer à différentes époques (1) ?

Ne doit-on pas apporter beaucoup d'attention dans ce genre d'observation, puisque le niveau de certaines mers est sujet à varier çà et là, comme, par exemple, celui de la Baltique qui augmente par suite de coups de vents d'ouest, celui de la mer du Nord qui est dans le même cas lors des ouragans venant du nord-ouest.

§ IV. Leur profondeur.

Tout ce que j'ai dit à cet égard pour les lacs trouve ici son application. Ainsi les rivages s'abaissent-ils insensiblement sous l'eau ? La mer est-elle très rapidement profonde près des côtes escarpées ? Où sont ses plus grandes profondeurs, ses bas fonds, etc. (2)?

§ V. Leur fond.

A-t-on des données suffisantes sur la forme de son fond? Est-il composé de rochers ? Est-il couvert de cailloux,

(1) Voyez à cet égard, les preuves de l'élévation graduelle du du continent de certaines parties de la Suède, par M. Lyell, (*Phil. mag.* 3e sér., n° 34, avril 1835, p. 297,) etc.

(2) Voy. Mém. de M. Zeune(*Annal.* de Berghaus, 1834, vol. 9; p. 465).

de sable et de limon? Y a-t-il des bancs d'huîtres ou servant d'habitation à un grand nombre d'animaux marins? Est-il vrai qu'à une grande distance des côtes le sable disparait et est remplacé par du limon? Y a-t-il une différence réelle entre le fond du milieu de l'Océan et celui des mers voisines des côtes? Est-il vrai que le fond des grandes mers est sensiblement horizontal (1)?

§ VI. Nature de leurs eaux.

Leur température. Quelle est leur température à différentes profondeurs, et comparativement à celle qui règne à sa surface?

Leur densité. Quel est le point de leur plus grande densité?

Leur salure. Les mers intérieures sont-elles plus salées que l'Océan? L'analyse donne-t-elle des résultats différents pour les eaux de diverses mers? Quelle est la proportion de brome dans l'eau de différentes mers? Les saisons, la sécheresse, les pluies, les ouragans, etc., ont-ils une influence sur la salure de l'eau d'une mer? La salure augmente-t-elle avec la profondeur et avec l'éloignement des continents? Est-elle moindre au débouché des fleuves? Jusqu'à quelle distance se fait sentir, à cet égard, l'influence de l'eau douce affluente? Comment s'opère le mélange des deux espèces de liquides? L'eau douce passe-t-elle d'abord sur l'eau salée? La salure d'une mer est-elle augmentée par des eaux douces saumâtres? Jusqu'à quelle distance l'eau de mer est-elle salie ou colorée par les eaux d'un grand fleuve qui y débouche?

---

(1) Voyez les recherches sur le fond de la mer d'Allemagne, par M. Stevenson (*Mem. of the werner. soc.*, vol. 2, et *Edinb. phil. j.*, vol. 3). Mém. sur le fond du canal St.-George, par Nemmo (*Dublin, phil., j.* 1835, n. 1).

Jusqu'à quel éloignement des côtes s'étendent, dans ce cas, les dépôts moitié marins moitié d'eau douce, qui se forment encore journellement?

Leur phosphorescence. L'eau est-elle phosphorescente? quelle en est la cause? Faut-il la chercher dans la présence de zoophytes ou d'entomostracés, etc., ou dans des phénomènes électriques?

Voyez Mém. de MM. Quoy et Gaimard (*Annal. des Sc. nat.*, vol. 4, p. 5, ou Voy. du capit. Freycinet, part. zool., chap. X), de Meyen (*Reise um die Erde, zool. Bericht.*, vol. 3, p. 259, ou *Nova acta Acad. Leop.*, vol. 16, suppl. p. 135, à 143), Ingalls (*Trans. of the Albany Inst.*, vol. 11, p. 249). Bennett (*Phil. mag.* 1833, p. 298), Maccullocli (*Quart. j. of Sc.*, vol. 11, p. 249), et Bory *Dict. class.*, vol. 10, p. 395. *Uber, das Leuchten der Ostsee*, par M. Michaelis, (Hambourg 1830, in-8°), *Uber das Leuchten des Meeres*, par M. Bernouilli, Gœttingue, 1805, in-8°.

§. VII. Leurs glaces.

Une mer gèle-t-elle en hiver? A quelle profondeur s'étend la glace? A quelle époque est fixé le dégel? Quel est le mouvement des champs et des îlots de glace? Comment se forment ces dernières masses? Doit-on les regarder comme des amas accumulés par des courants venus de régions froides? ou bien la diminution de température de l'eau de mer, jusqu'à une certaine profondeur, produit-elle des couches de glace qui, plus tard, s'élèvent et surnagent à la surface des eaux, en raison de leur moindre pesanteur spécifique? Les brouillards ne tendent-ils pas à augmenter la masse de ces glaces flottantes? Jusqu'à quelles latitudes ces dernières descendent-elles, quelquefois, à partir des régions polaires? N'a-t-on pas observé, relativement aux glaces de ces contrées, une espèce de périodicité dans leur étendue, plus ou moins,

grande, et leurs mouvements? Peut-on croire que leur accumulation ait une influence notable non-seulement sur la production de phénomènes météorologiques généraux, tels que les vents alisés, mais encore sur des modifications climatériques ayant l'apparence d'affecter périodiquement certaines contrées (1)?

§ VIII. Leurs courants.

Les courants sont-ils locaux ou généraux? sont-ils superficiels ou à différentes profondeurs? Quelle est leur direction? Est-elle partout la même, ou çà et là différente? Quelle est leur largeur et leur vitesse? Leur force augmente-t-elle dans certaines saisons, comme aux équinoxes ou lors des ouragans violents? Quelles sont leurs limites? Où est leur commencement et leur terminaison? Sont-ils circulaires ou elliptiques? Sont-ils liés à des fleuves déversant leurs eaux dans la mer? Dépendent-ils de la combinaison des vents ou de la forme des côtés, avec le temps des basses et hautes marées? Charrient-ils différentes matières, telles que du bois, des graines, des plantes marines, des pierres légères (ponces, etc.), des objets fabriqués par les hommes? D'où proviennent ces espèces de produits flottés? Où sont-ils déposés?

- Les courants ont-ils une température différente de celle de la mer qu'ils parcourent? Dans ce cas, leur arrivée près de certaines côtes, n'est-elle pas capable d'en modifier le climat (2)?

---

(1) Voyez sur les glaces polaires, le mémoire de M. Scoresby, dans ses voyages dans les mers arctiques, et *Quart. j. of sc.*, vol. 4, n. 8, p. 247; le dernier voyage du cap. Ross, etc.

(2) Voyez, Voyage de la Coquille par M. Duperrey; la partie Hydrographique.

§ IX. Leurs plantes et leurs animaux.

Quelle est la flore et la faune d'une mer? Quelle est leur distribution géographique ? Jusqu'à quelle distance des côtes et jusqu'à quelle profondeur trouve-t-on des végétaux ? Les algues et les conferves attachées aux rochers ne forment-elles pas des zônes à différentes profondeurs dans la mer, le long des côtes ? Ne descendent-elles pas plus bas que cent pieds, comme le prétend M. d'Orbigny (1)? Ne s'attachent-elles pas de préférence à telle ou telle roche, les unes aux roches siliceuses, les autres aux calcaires, aux argiles ou aux sables (2)?

La mer est-elle peuplée partout et à toutes les profondeurs? Comment y sont groupés les cétacées, les oiseaux, les reptiles, les poissons, etc. ? Quelle est la distribution géographique des mollusques et des zoophytes? Quels sont les genres et les espèces dans les différentes zônes, dans les diverses profondeurs, dans les différentes stations, et sur les divers sols ?

§ X. Leur origine probable.

Quelle idée peut-on se former sur l'origine de la mer? N'est-elle que le résultat de la condensation des gaz qui

---

(1) Voyez à cet égard l'essai sur les plantes marines du golfe de Gascogne, etc., par M. d'Orbigny père (*Mém. du Mus.*, vol. 10, et *Annal. gén. des Sc. phys.*, vol. 7, p. 161). L'article de Lamouroux, sur la géographie des Hydrophytes, (*Dict. clas. d'hist. nat.*, vol. 7. p. 245).

(2) Voyez le mémoire sur la végétation du Calvados, par M. Brebisson, (*Mem. de la soc. linn. de Normandie*, vol. 4), et ses *notions agricoles et industrielles sur le sol et les terrains de l'arrondissement de Falaise*, Caen, 1835, in-8°.

ont enveloppé primitivement la croûte incandescente du globe ? D'où vient sa salure ? Peut-on l'attribuer à des émanations salines ignées, provenant de l'intérieur de la terre et ayant imprégné des eaux auparavant presque pures ? Ou bien doit-on croire que l'eau de mer et sa salure se sont formées en même temps ? Les sels que les rivières amènent dans l'Océan sont-ils capables de modifier la salure de la mer ? Quelle peut être, à cet égard, l'influence des végétaux et des animaux ?

CHAPITRE XII.

Iles.

§ I. Leurs rapports généraux, leur désignation, etc.

Leur position. Quelle est leur position géographique? Quels sont les documents les plus anciens sur une île ? Y fait-on allusion dans les mythes de quelques peuples ? Quelles sont les traditions et les données sur son histoire? en a-t-on des cartes anciennes et peut-on s'y fier ? Sont-elles construites d'après des traditions et des présomptions ou d'après des données certaines?

Leur désignation. Quel est le nom de l'île? quel est l'étymologie de ce dernier ? Donne-t-elle quelque renseignement physique ou historique ? Y a-t-il d'autres îles qui ont eu jadis le même nom ? La dénomination de l'île a-t-elle changé depuis les temps anciens ?

Leur nature. Une île est-elle entourée entièrement par la mer, ou n'est-ce qu'une presqu'île ? A quelle distance est-elle du continent, ou d'autres îles, ou de rochers isolés? Ces derniers sont-ils à une des extrémités ou sur les côtés de l'île ?

Quelles preuves indiquent une ancienne liaison de l'île avec la terre ferme ? Y est-elle encore unie, à marée

basse, au moyen de bancs de sable? Les roches sont-elles les mêmes dans l'île et sur le continent voisin? A quelles conclusions conduisent les cailloux divers, qui couvrent le sol dans les points les plus élevés d'une île? Une île peut-elle être regardée comme une portion de pays montueux, qui formait très anciennement la pente d'une chaîne? ou bien une série d'îles ne sont-elles qu'un rivage ancien démantelé, ou une partie de continent englouti par la mer, ou s'étant affaissé dans cette dernière?

Qui est-ce qui sépare des îles voisines? Sont-ce des bas fonds ou des détroits? Dans ce cas, les courants de mer y sont-ils forts et dépendent-ils surtout du mouvement des marées? Y a-t-il des courants circulaires ou des espèces de gouffres?

Des faits indiquent-ils qu'une île a été morcelée? Voit-on à l'entour des rochers isolés sortir des eaux, et être de la même nature que les couches de la partie la plus voisine de l'île? La position relative de deux ou plusieurs îles démontre-t-elle leur ancienne réunion et leur séparation violente par l'action des vagues de la mer? Des récifs, des rochers ressortant à marée basse, viennent-ils mettre cette supposition hors de doute? La présence de roches aisées à détruire, rend-elle encore plus probable de pareilles destructions?

§ II. Leur grandeur, leurs contours et leurs rivages.

Quels sont les rapports de la longueur et de la largeur d'une île? Sa forme singulière dépend-t-elle d'une différence très grande à ces deux égards? Quelle est sa superficie? Sait-on si la grandeur d'une île a été diminuée par des destructions ou des inondations considérables? La mer y a-t-elle laissé des traces d'un niveau jadis plus élevé?

Les formes des îles sont-elles d'autant plus irrégulières que ces dernières sont plus éloignées des continents ? N'y a-t-il aucune correspondance entre les contours des rivages d'une île et d'un continent voisin ? Si une île est montueuse, sa forme ne dépend-elle pas essentiellement des directions et des positions de ses chaînes ? Ainsi, si les montagnes coupent toute l'île obliquement à sa plus grande longueur, on y apercevra une tendance à prendre la forme de divers parallélogrammes. Si leurs chaînes différentes s'entrecroisent dans une île, sous des angles très ouverts, il en résultera des formes plutôt arrondies, et ainsi de suite.

Les côtes d'une île sont-elles très escarpées ou déchirées sur certains points ?

Une île a-t-elle beaucoup de baies, et ces dernières ont-elles entre elles quelque ressemblance de formes ? S'étendent-elles fort avant dans l'intérieur ? Y a-t-il des baies qui, placées chacune sur un des côtés de l'île, tendent à couper presque cette dernière en deux parties qui ne sont plus unies que par de minces langues de terre ? Dans ce cas, la nature des roches fait-elle craindre une rupture complète entre les deux portions de l'île ?

Les eaux de la mer produisent-elles des changements graduels dans la forme et la grandeur d'une île ? Ses rivages sont-ils minés par les vagues ? et offrent-ils des éboulis fréquents ? Les rivages sont-ils couverts de cailloux ? De quelle nature sont ces derniers, et où est leur gisement ?

§ III. La nature e leur sol.

L'île offre-t-elle des tourbières ? dans quelles parties se trouvent-elles ? Quelle est leur étendue, leur puissance, la base sur laquelle elles reposent, etc. ?

Y a-t-il de grandes plages sableuses, ou des dunes ? Les sables de l'intérieur de l'île sont-ils semblables à ceux du rivage voisin ?

§ IV. Leurs eaux.

L'île offre-t-elle des sources d'eau douce ? Ces sources sont-elles sujettes à tarir ? Y en a-t-il d'ascendantes ? Les sources augmentent-elles en fraîcheur et pureté, à mesure qu'on s'approche du centre de l'île ? Y a-t-il des torrents ? Ces derniers proviennent-ils de sources, ou ne sont-ils dus qu'aux eaux pluviales, de manière que leur lit est à sec par les temps chauds ? Y a-t-il des lacs ? Quel est leur niveau relativement à celui de la mer ?

§ V. Leur surface extérieure.

Une île ne présente-t-elle qu'une surface unie, et n'y a-t-il des escarpements que sur ses rivages ? Une île est-elle très montueuse, n'est-elle qu'un groupe de sommités de montagnes débordant sur le niveau de la mer ? Monte-t-on du rivage vers l'intérieur par plusieurs talus et des terrasses ? Le milieu d'une île montueuse est-il occupé par une plaine ou un plateau élevé ? Où se trouvent les plus hauts points d'une île ? Les sommités de ce genre existent-elles dans les presqu'îles au point de leur liaison avec un continent ?

L'île présente-t-elle de véritables chaînes de montagnes ou du moins des collines ? Ces éminences suivent-elles une direction parallèle à la plus grande étendue de l'île ? La direction générale des couches est-elle aussi dans ce sens ? L'île est-elle coupée par des chaînes plus ou moins obliquement à la direction de sa plus grande dimension ?

La pente de ces chaînes, sur le côté qui regarde la mer, est-elle différente de celle qui descend dans l'in-

térieur de l'île ? L'une est-elle plus douce ou plus rapide, plus unie ou plus découpée que l'autre, etc. ?

Une île n'offre-t-elle pas de série régulière de hauteurs et n'est-elle tout au plus que la crète d'une seule chaîne sous-marine?

Quelle est la direction des grandes vallées d'une île? Est-elle coupée en deux ou plusieurs parties par des vallées transversales, à sa plus grande dimension ?

§ VI. Leur température.

Quelle est la température moyenne d'une île, comparativement à celle d'un continent voisin?

La température des îles n'est-elle pas toujours plus douce que celle des terres fermes ?

§ VII. Leurs végétaux et leurs animaux.

La végétation des îles est d'autant plus particulière, que ces dernières sont plus éloignées des continents. En général, dans ce dernier cas, elle est pauvre ou peu variée et tout-à-fait particulière, ou bien elle participe du caractère des continents entre lesquels ces îles se trouvent. Si elles sont situées sous les tropiques, leurs plantes peuvent donner une idée de la végétation qui a couvert les premières terres émergées. Or, si sous ce point de vue, l'étude des flores insulaires devient importante pour le géologue, il y trouve encore d'autres sources fécondes d'observation. Ainsi si une île offre des espèces végétales qui existent sur des continents plus ou moins voisins, il pourra trouver les causes diverses de leur transplantation à de si grandes distances, et il aura acquis des données de plus pour s'expliquer la dissémination des végétaux sur le globe.

Si, au contraire, l'île a des plantes et même des ani-

maux qui ne se trouvent nulle part ailleurs, il y verra le commencement d'un nouveau centre de création, dont nos descendants pourront suivre les différentes phases.

Il y a encore des îles privées de toute végétation et de toute espèce d'animaux, et surtout beaucoup ne sont pas habitées par les hommes. Or, si ces dernières ne sont pas situées dans des climats trop froids pour la vie animale ou végétale, le géologue doit soigneusement les noter, afin que, dans la suite des siècles, on puisse apprécier les changements qu'elles auront éprouvées.

Dans tous les cas, les plantes et les animaux des îles voisines des continents offrent une étude attrayante, parce qu'on arrive ainsi à établir une liaison entre les terres fermes et à reconnaître le chemin que la nature a suivi dans la distribution de ses richesses.

On peut consulter pour les flores insulaires, un mémoire sur celle des îles Malouines, par M. d'Urville, dans son voyage autour du monde. *Uber den Charakter der Vegetation auf den Inseln des indischen Archipel*, par C. C. C. Reinwardt, Berlin, 1828, in-4°. Sur la végétation des îles de Madagascar, de Bourbon et de Maurice par M. L. Bouton, (*Annal. des Sc. nat.*, vol. 24, p. 249, etc.). Sur la végétation des Canaries, par M. de Buch. (*Archiv. de botaniq.* de M. Guillemin, vol. 1, p. 289 et 481). La flore de l'île de Juan Fernandez, par MM. Gay et Bertero; celle de l'île de Timor, par M. Decaisne; celle de la Nouvelle Zélande, par M. Richard, (Voyage de l'Astrolabe) etc.

§ VIII. Leur origine probable.

Une île n'est-elle que la cime d'une montagne sous-marine? Quelle origine peut-on lui attribuer d'après la nature de ses roches et ses autres rapports géologiques? Quelles sont les relations qui existent entre les couches

d'une île et celles d'un continent voisin, quant à leur direction, leur inclinaison, leurs redressements, leurs dislocations, etc.?

Les couches des grandes îles voisines d'un continent plongent-elles vers ce dernier et vers les chaînes qu'il contient? Les couches de petites îles peu élevées peuvent être regardées comme les restes de plus grandes îles, qui ont été détruites en partie? Dans ce cas, la direction et l'inclinaison des couches n'ont elles été déterminées que par des causes locales?

Une île n'est-elle due qu'à des alluvions formées par un fleuve à son embouchure dans la mer? L'île a-t-elle commencé par n'être qu'un banc de sable ou de limon? Sa formation a-t-elle eu lieu promptement ou lentement? Une de ses extrémités offre-t-elle des espèces de digues, qui ont un niveau plus élevé que la mer? Ses côtes présentent-elles des amas de végétaux, des arbres renversés, etc.?

Un îlot s'est-il formé dans une rivière par l'abaissement de ses eaux, ou par l'exhaussement ou le soulèvement de son fond?

Un îlot s'est-il formé dans un étang ou un lac par une accumulation de matière végétale et de sable? L'îlot est-il flottant ou fixe?

Une île est-elle le produit d'êtres organisés?

Les îles dues au travail des zoophytes, n'ont-elles pas des formes particulières? Sont-elles placées sur certaines lignes, ou sont-elles par groupes? Les polypes ont-ils la faculté d'élever, depuis les profondeurs des mers, des rochers et des îlots à grands escarpements verticaux? Ou bien ces petits êtres bâtissent-ils leurs demeures sur des bas fonds, sur le sommet de montagnes sous-marines, ou sur des rochers quelconques, dont ils encroûtent petit à petit la surface avec leurs dépôts calcaires? Si des

rochers et des îles sont le résultat du travail des zoophytes, pourquoi ces masses sont-elles coupées souvent par des canaux profonds, dans lesquels les marées établissent des courants? Pourquoi ces passages ne se comblent-ils pas? Les formes circulaires des îlots produits par les polypiers dépendent-elles, d'un côté, de la forme et de la grandeur des sommités sous-marines, et de l'autre, de la circonstance que le bord extérieur des édifices des polypiers est la partie qui affleure la première au-dessus de la mer? La plus grande quantité de polypiers, etc., sont-ils dans les endroits où la mer est la moins profonde et où les pentes de son fond sont douces? Le travail des zoophytes n'est-il considérable que dans les lieux où l'eau est tranquille, Certaines espèces n'ont-elles pas une tendance à ne produire que des rochers arrondis, dans les points où la mer est en mouvement?

Les masses se montrant au-dessus de l'eau sont-elles formées de couches horizontales de calcaire? ou ne sont-elles que des amas de débris plus ou moins fins de polypiers et de coquillages? La roche renferme-t-elle aussi des restes de végétaux, qui n'y sont jamais dans leur état originaire de végétation? Les îles ainsi formées offrent-elles dans leur milieu un lac d'eau douce ou d'eau salée, ou du moins une plaine plus basse que le reste de l'île?

Les polypiers établissant fréquemment leurs demeures sur des éminences volcaniques ou autour de véritables cratères, et des sources acidules et chargées de carbonate de chaux étant souvent l'apanage de ce genre de terrain, doit-on penser que cette circonstance entre pour beaucoup dans le travail des zoophytes?

Une île a-t-elle une origine volcanique? Sa forme donne-t-elle des indices à cet égard? Y a-t-il encore un volcan brûlant, ou l'île n'offre-t-elle que des pics avec des anciennes coulées?

L'île n'est-elle qu'une masse volcanique soulevée d'une pièce du fond des mers, ou bien est-elle le produit d'une accumulation de coulées, de laves, de déjections pulvérulentes et de scories?

A-t-on vu, près d'une île volcanique, des flammes sortir avec bruit de la mer? L'eau s'est-elle troublée lors de cet événement? Des poissons morts se sont-ils montrés à sa surface ou sur les rivages de l'île? A-t-on entendu des explosions? Le sol de l'île a-t-il été ébranlé? Des colonnes de fumées se sont-elles élevées de la mer? Des sables et des cendres ont-ils été rejetés? et ces éruptions ont-elles été suivies par des éructations de morceaux de laves et de scories? L'atmosphère a-t-il été imprégné d'une odeur sulfureuse ou acide? La mer est-elle devenue jaunâtre et chaude? Une île s'est-elle formée ainsi petit à petit? A-t-elle commencé par avoir dans son milieu un cratère-lac? S'est-il comblé petit à petit, et le centre de l'île a-t-il été enfin occupé par un volcan? Ou bien l'activité volcanique s'est-elle ralentie, et l'île a-t-elle disparue petit à petit par l'affaissement des matières rejetées et par l'action des flots de la mer? Y a-t-il eu des éruptions solides ou de matières boueuses?

Connaissait-on la profondeur de la mer à l'endroit où l'île s'est formée? Ce lieu était-il voisin ou éloigné de tout volcan brûlant ou éteint? De quelle nature est le fond de mer sur lequel l'île s'est élevé (1)?

Si l'île volcanique est émergée, quelle est la nature et la disposition de ses masses? Y a-t-il des coulées de laves, des cratères brûlants ou éteints? Y a-t-il des sour-

---

(1) Voyez à cet égard le rapport de M. Const. Prevost, sur l'île de Julia (*Mem. de la soc. géol. de France*, vol. 2 part. 1.). La description de la formation de l'île de Sabrina (*Quart. J. of sc.*, vol. 9, N. 18, p. 414.)

ces chaudes? Connaît-on l'époque depuis laquelle il n'y a plus d'éruptions? Des nappes de laves traversent-elles l'île dans tous les sens? Où sont les plus grands amas de ce genre? Quel est l'état de leur surface, est-elle rugueuse, couverte de rochers pointus, traversée de trous, de fentes et de sillons profonds?

Le fond de la mer qui sépare le continent d'avec une île volcanique a-t-il été modifié par la formation de cette dernière? Y a-t-il des traces de soulèvement? Des terrains anciens ont-ils été amenés ainsi au jour, ou bien leur débris se sont-ils simplement mêlés aux éruptions solides ou pulvérulentes?

Plusieurs îles volcaniques affectent-elles une direction constante, de manière à ce qu'on puisse les regarder comme liées ensemble ou placées sur une vaste crevasse ignée? Ou bien chaque île volcanique forme-t-elle à elle seule un tout, ayant chacune un point central d'éruption ou de soulèvement? Doit-on croire que ces groupes d'îles se sont élevées du fond de la mer l'une après l'autre? La forme circulaire ou demi-circulaire d'une île indique-t-elle que ce n'est qu'une portion du pourtour d'un cratère? Plusieurs îles sont-elles placées sur une ligne circulaire indiquant que ce ne sont que les bords d'un cratère? La forme et les rapports géologiques d'une île ou de plusieurs îles est-elle en faveur de l'idée d'y voir les restes d'un cratère d'éruption ou d'un cratère de soulèvement? Le caractère volcanique d'une île a-t-il été effacé par la superposition de dépôts calcaires ou d'autres masses?

Une île n'est-elle qu'un massif de couches soulevées par des forces souterraines? Quelles preuves peut-on en donner? Y a-t-il beaucoup de déchirements? Les côtes opposées au continent voisin correspondent-elles avec celles de ce dernier? L'île est-elle entourée d'escar-

pements et de mers profondes? Est-elle éloignée de tout grand continent? Le soulèvement de l'île s'est-il opéré à la manière d'un bouchon de bouteille chassé par la force fermentante d'un liquide? Ou bien un redressement de couches a-t-il produit l'île? Dans ces deux cas ces catastrophes se lient-elles à quelque événement semblable arrivé sur les continents voisins?

Si l'île est composée de roches volcaniques, pourquoi doit-on croire qu'elle a été formée plutôt par soulèvement que par superposition de coulées de laves et déjections de matières pulvérulentes?

L'île a-t-elle travaillé par des émanations acides et la chaleur souterraine, en même temps qu'elle a été soulevée? Quelles altérations y observe-t-on à cet égard? Y a-t-il eu production de roches tripoliennes et argiloïdes de divers genres (1).

CHAPITRE XIII.

Tremblements de terre.

§ I. Généralités.

Les tremblements de terre affectent-ils également toutes les contrées de la terre? En éprouve-t-on autant dans les montagnes que dans les plaines? Les tremblements de terre sont-ils communs dans un pays? Y en a-t-il eu de tout temps? Y ont-ils produit quelquefois des catastrophes épouvantables? Le sol de la contrée en rend-il raison? Quelles y sont les roches dominantes? Y a-t-il beaucoup de sources thermales ou gazeuses? D'autres

(1) Voyez à cet égard les observations curieuses de MM. Boblaye et Virlet, sur les îles de l'Archipel, dans l'expédition de Morée.

phénomènes volcaniques se sont-ils manifestés ailleurs? Les tremblements de terre paraissent-ils liés aux effets volcaniques de montagnes ignées du voisinage? Sont-ils fréquents et très forts dans les pays où il n'y a point ou peu d'éruptions volcaniques? N'y a-t-il pas des côtes de mer qui y sont fort sujettes? Quelles preuves fournissent-ils pour admettre une liaison souterraine entre des volcans au-dessous de contrées non volcanisées?

Des tremblements de terre ayant lieu sur un continent, se propagent-ils dans les îles, et jusqu'à quel point cela a-t-il lieu? Les tremblements de terre qui ébranlent surtout les îles, ne produisent-ils que des effets moindres sur la terre ferme voisine? Les tremblements de terre sur des îles ont-ils paru partir d'un centre commun et se terminer en mouvements ondulatoires?

§ II. Les signes précurseurs des tremblements de terre.

Y a-t-il des signes certains de l'approche des tremblements de terre? Les hommes éprouvent-ils une sensation désagréable? Les animaux sont-ils inquiets? Le baromètre et le thermomètre offrent-ils des oscillations? Le tremblement de terre a-t-il été précédé par un abaissement considérable dans la colonne mercurielle? S'est-elle relevée pendant le choc? L'aiguille aimantée et l'électromètre, ou les piles galvaniques, ont-elles été affectées? Le temps était-il calme, le ciel serein? Faisait-il très chaud? Plut-il plusieurs fois? La saison précédente avait-elle été pluvieuse? L'atmosphère apparut-il de tous côtés menaçant avant la catastrophe? Des vents furieux ont-ils soufflé, et de quelque point? Vit-on, sur l'horizon, des nuages noirs mêlés de nuages rouges de feu et jaunes? Cet état extraordinaire de l'air s'accrut-il en intensité jusqu'au moment décisif? Vit-on

des météores igués sur les mers voisines? Ou bien le phénomène se montra-t-il tout-à-fait indépendant de la nature du temps, de la hauteur du baromètre, de l'état électrique de l'atmosphère, etc.? Doit-on regarder les phénomènes électriques qui accompagnent les tremblements de terre, ainsi que les éruptions volcaniques, comme les effets de la cause qui produit les chocs?

§ III. Oscillations du sol.

De quelle nature étaient les oscillations? Etaient-elles ondulatoires ou irrégulières? Dans quel espace de temps se répétaient-elles? Avaient-elles lieu sans interruption? Quelle était leur direction? Avaient-elles une direction de bas en haut, ou étaient-elles circulaires? Le mouvement se propageait-il parallèlement à une chaîne voisine? Y avait-il, en général, certaine constance dans la direction du mouvement?

Sur quelle étendue de pays a-t-on senti le tremblement de terre? A-t-il été limité à un seul endroit et à ses environs, ou bien le phénomène a-t-il fait sentir sa force destructive sur une contrée plus ou moins vaste? Dans quels lieux les chocs ont-ils été les plus forts; d'où ont-ils eu l'air de partir? Quel intervalle de temps ont-ils mis à parcourir des étendues plus ou moins grandes de pays? Ces oscillations ont-elles suivi certains dépôts, leur direction principale a-t-elle été celle des couches du pays? Ou bien les chocs se sont-ils propagés sans tenir compte de la rencontre d'aucune formation?

Le tremblement de terre s'est-il fait sentir en mer? La mer était-elle tranquille lorsque le choc a été senti sur un vaisseau? Ce dernier est-il resté dans sa position verticale, ou a-t-il été soulevé ou ballotté?

Le tremblement de terre a-t-il eu lieu dans les mines? quels y ont été ces effets?

On a proposé plusieurs instruments pour mesurer l'intensité des tremblements de terre et la rapidité de la propagation des chocs.

M. Coulier a décrit, sous le nom de *seismomètre*, un appareil pour faire connaître surtout la force et la direction des mouvements du sol. C'est un segment de sphère garni de niveaux et divisé, dans la surface, en un nombre de divisions correspondant à celui des rhumbs des vents. Au sommet de ce segment est une cavité remplie de mercure et communiquant aux divisions de l'instrument par des ouvertures particulières. Tout mouvement tendant à déplacer le métal, il sera chassé de l'espace qu'il occupe dans les sillons du segment, pour arriver enfin aux divisions du limbe dans lequel sont pratiqués des espaces pour le recevoir. La plus ou moins grande quantité de métal déplacé et le côté par lequel il sera coulé, fournissent les données qu'on veut avoir. Il va sans dire que l'instrument doit être placé dans le méridien, au moyen d'une boussole qui le surmonte.

D'autres personnes ont proposé d'arriver au même but au moyen de boules suspendues dans des petites chambres dont les murailles seraient couvertes d'un enduit noire, facile à enlever, et serait assez voisines des boules pour que le moindre dérangement et écartement de ces dernières fût indiqué par les taches qu'elles feraient sur les murailles.

§ IV. Phénomènes liés aux tremblements de terre.

A-t-on entendu un bruit sourd qui semblait sortir des entrailles de la terre et qui allait toujours en augmentant, à peu près comme le roulement d'un tambour, le tonnerre ou le fracas d'une éruption volcanique?

Des *détonations* ont-elles eu lieu sans tremblements

de terre? Les a-t-on entendu dans toutes les saisons, dans tous les temps et à toutes les heures du jour et de la nuit? Étaient-elles surtout distinctes lorsqu'on les entendait de loin? Jusqu'à quelle distance les a-t-on entendu? Ces détonations partaient-elles de lieux déterminés? Quelle était leur durée et quel intervalle de temps s'écoulait entre deux d'entre elles?

Certaines détonations ne sont-elles que des décharges de l'air refoulé par les vagues de la mer dans des cavernes à fleur de ses eaux (1)?

Les chocs très forts étaient-ils accompagnés de grandes détonations? L'odorat était-il affecté par des exhalaisons sulfureuses, ou bitumineuses, ou d'un autre genre?

L'*atmosphère* a-t-il offert quelques-unes des modifications qui, à l'ordinaire, précèdent les tremblements comme des coups de vents, des averses de pluies, etc.? L'atmosphère n'a-t-il point varié pendant le tremblement de terre?

Son effet a-t-il été modifié d'après la compacité et la ténacité des masses minérales sur lesquelles il a dû agir? Les édifices bâtis sur différentes roches ont-ils souffert inégalement? Le choc a-t-il été plus fort sur le sol granitique que sur les terrains calcaires? En général les tremblements de terre se font-ils moins sentir dans les pays d'alluvions que dans ceux où les maisons sont bâties sur le roc vif?

S'est-il formé des *fentes* et des *éboulements* dans le sol, ou des *soulèvements de terrain* pendant le phéno-

---

(1) Voyez à ce sujet, *Bericht uber das Detonations Phœnomen auf Meleda*, par M. Partsch, Vienne, 1826, et l'*Écho du monde savant*, N° 69, p. 331.

mène. Tous ces accidents sont-ils bien dus au tremblement de terre? N'y en a-t-il pas qui proviennent de causes accessoires ou qui existaient déjà?

Quelle est la direction suivie par les fentes? Courent-elles parallèlement à d'autres produites antérieurement quoiqu'elles s'en distinguent bien? Sont-elles en forme d'étoiles? Jusqu'où s'étendent ces fentes? Vont-elles jusqu'à la mer? Est-il sorti du sable et de l'eau de fentes formées ainsi dans le fond des vallées, et ces éruptions particulières ont-elles fini par produire des petites éminences?

Des montagnes se sont-elles écroulées? Des collines se sont-elles affaissées complètement? Des rochers sont-ils tombés avec fracas? Des rocs, ressortant du sol, ont-ils été lancés plus ou moins loin et brisés en éclats? Les vides ainsi formés se remplissaient-ils incessamment par des portions du sol qui était poussé de bas en haut? Des blocs se sont-ils détachés des pointes ou des pentes des montagnes pour rouler dans les vallées?

Des contrées entières se sont-elles abîmées? Le sol s'est-il soulevé çà et là jusqu'à une certaine hauteur pour s'affaisser ensuite, ou bien a-t-il conservé le niveau élevé qu'il a atteint si subitement? A-t-on vu sur le rivage de la mer ou des lacs des rochers dans des endroits où il n'y en avait pas avant le tremblement de terre? De nouveaux bancs de sable se sont-ils formés dans le lit des rivières?

La côte a-t-elle été soulevée? A quelle hauteur est-elle arrivée? De nouvelles couches ont-elles été mises ainsi au jour? L'ancien lit de la mer reste-t-il à sec dans plusieurs lieux lors de la marée basse? Des bancs de coquillages, le long de la mer et peu au-dessus de son niveau, indiquent-ils que la côte a éprouvé de semblables soulèvements? Y a-t-il de ces couches où les

coquillages offrent des espèces différentes de celles qui vivent actuellement dans ces parages (1)?

Des sources ont-elles tari pendant ou depuis le tremblement de terre? S'en est-il formé de nouvelles? Ces dernières se sont-elles fait jour avec violence ou sous la forme de torrents? Ces eaux ont-elles charrié des arbres et même des blocs? De l'eau a-t-elle jailli, en tous lieux, des pentes des montagnes? Les eaux minérales ont-elles éprouvé quelqu'altération dans leur composition ou leur température? Les rivières se sont-elles gonflées au point de produire des inondations? En est-il arrivé de même pour certains *lacs?* D'autres lacs ont-ils été singulièrement agités? Des tourbières ou des étendues de terrain marécageux se sont-elles détachées du sol solide pour glisser dans les vallées en produisant de grands éboulements couverts de déblais?

La *mer* a-t-elle été extrêmement agitée? A-t-elle dépassé le niveau ordinaire de ses plus hautes eaux? S'est-elle jeté sur la côte et y a-t-elle occasioné de grandes inondations et des dégâts considérables?

Des *épidémies* ont-elles été concomitantes ou ont-elles suivi des tremblements de terre?

§ V. Leur origine probable.

Quelle est la cause des tremblements de terre? Sont-ils dus à la force des gaz qui cherchent à se faire jour? Paraissent-ils être liés à l'activité d'un volcan qui est près de faire éruption ou embrassant des étendues immenses de pays? Semblent-ils plutôt l'effet de grandes

---

(1) Voyez le rapport de Madame Graham, sur le soulèvement de la côte du Chili, et la notice à ce sujet de M. Meyen. (*Annal. der Erd u. Volkerk*, etc., n° 8, vol. 11, n. 129).

opérations qui ont lieu sous l'enveloppe du globe? Peut-on croire qu'il y ait des tremblements de terre dus à des tassements éprouvés par les masses minérales dans l'intérieur des montagnes ou la croûte terrestre? Doit-on voir, en général, dans les violents tremblements de terre un effet de l'immense force des gaz comprimés, et ne doit-on attribuer la grande étendue des chocs qu'à une oscillation du sol, se propageant de proche en proche? Ou bien y a-t-il des faits avérés qui permettent de lier les tremblements de terre à des décharges électriques souterraines, ou à des accumulations inégales de fluides électriques sur deux versants d'une chaîne (1)? La supposition de grandes cavités dans la terre est-elle nécessaire pour expliquer l'étendue qu'acquièrent certains tremblements de terre?

Voyez sur ce sujet, *Geschichte der durch Uberlieferung nachgewies. naturlich. Veranderungen d. Erdoberflache*, par M. de Hoff., vol. 2, p. 71, et ses neuf catalogues de tremblements de terre et de phénomênes volcaniques (*Annal. der Phys.* de Poggendorf, 1824 à 1835.)

Les listes de tremblements de terre dans les *Annal. de chim.*, vol. 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 45, etc).

De nexu inter terræ motus vel montium ignivomorum eruptiones et statum atmospheræ, par F. Kries (*Act. soc. Jablonov. nova.* vol., 1, fasc. 4, p. 186.)

Von der Ursachen der Erdbeben u. von den magnetischen Erscheinungen, par le même, Leipzig, 1827, in-8° avec pl.

(1) Voyez à cet égard un mém. de M. Lambert. (*Ann. de Ch.*, vol. 42, p. 392.)

CHAPITRE XIV.

Volcans.

§ I. Leur histoire.

A-t-on des traditions ou des documents historiques sur les premiers moments d'existence d'un volcan? Quand a eu lieu la première éruption connue? A-t-elle été accompagnée de phénomènes particuliers?

A cet égard, il faut ne recevoir qu'avec circonspection les rapports des voyageurs et des navigateurs, qui confondent souvent les salses ou des embrasements de houillères, etc., avec les véritables phénomènes volcaniques.

§ II. Leur mode d'action.

Un volcan n'a-t-il eu qu'une seule éruption, ou n'en a-t-il point eu? A-t-il été toujours en activité? Est-il plus actif en hiver qu'en été, pendant les orages que pendant les temps de calme?

Des courts moments de repos alternent-ils avec des périodes d'une activité médiocre? De longs intervalles de repos sont-ils interrompus par des éruptions très violentes?

Un volcan a-t-il fait éruption sur ses côtes, quoiqu'il ait un cratère à sa cime? Ou bien toutes ses éruptions n'ont-elles eu lieu que latéralement et jamais par en haut?

La force volcanique paraît-elle être si près de la surface qu'elle néglige souvent de suivre les conduits ordinaires pour se faire jour dans de nouvelles montagnes?

Les éruptions les plus grandes et les plus destructives

sont-elles celles où les laves sortent du pied du cone? L'activité d'un volcan a-t-elle augmenté ou diminué? Les coulées de laves sont-elles devenues plus fréquentes et plus grandes dans les temps modernes, ou *vice versâ*?

Les volcans même éloignés les uns des autres, indiquent-ils qu'il y a entre eux une certaine liaison, une espèce d'action alternative, de manière que l'activité de l'un réagit plus ou moins fortement sur celle de l'autre, et se décèle par la production de phénomènes analogues?

Depuis combien de temps un volcan est-il éteint?

§ III. Leur position.

Un volcan est-il isolé de tous les côtés, semblable à un cone placé sur une surface plane, ou est-il au milieu d'un système de montagnes? Fait-il partie d'un groupe de montagues volcaniques? Ou bien forme-t-il, avec d'autres volcans, une espèce de ligne de bouches d'éruption? Dans quels rapports de telles lignes sont-elles avec la direction des chaînes voisines? Lui sont-elles parallèles, ou la coupent-elles?

Les volcans ne sont-ils pas toujours près de la mer? A quelle distance de la côte se trouve un volcan? Voit-on sortir de la fumée de la mer, non loin du pied du volcan?

Y a-t-il réellement des volcans au centre des grands continents, tels qu'en Asie?

Quelle est la hauteur d'un volcan au-dessus de la mer, des vallées, des plaines ou des plateaux voisins? Quels sont ses rapports avec les neiges perpétuelles? Sa hauteur a-t-elle varié ou varie-t-elle encore?

§ IV. Leurs formes.

Le volcan a-t-il la forme d'un cone régulier? Ce der-

nier est-il découpé ou ouvert d'un côté? Quelles causes ont modifié sa forme? Sont-ce des coulées de laves qui se sont deversées sur tel ou tel côté? Cela n'a-t-il produit que des sinuosités ou de grandes découpures dans le cone?

Les pentes sont-elles couvertes de scories, de petites pierres volcaniques ou de cendres? Sont-elles très rapides? Le sol des pentes a-t il une température élevée? Des accumulations de fragments rejetés ont-ils produit, des inégalités sur le fond du cratère? Des vents violents soufflant pendant les éruptions, ont-ils porté dans certains points toutes les matières lancées par le volçan?

§ V. Leur structure.

Peut-on parvenir à apercevoir, sur son pourtour, quelques parties d'un noyau central compact et non volcanique? Les bords du cratère existant, ou de l'ancien cratère, sont-ils composés de roches trachytiques?

Ces dernières ne ressortent-elles nulle part de dessous les laves, les couches de substances volcauiques rejetées, ou les masses d'obsidienne, etc.? N'y a-t-il point de rochers de trachyte dans l'intérieur du cratère? Les laves enveloppent-elles des fragments de trachyte?

Est-ce un *volcan central* occupant le milieu d'une foule de plus petits foyers situés circulairement autour de lui? Faut-croire que les volcans centraux s'élèvent toujours du milieu de nappes basaltiques, quoique leur cone soit composé de trachyte (1)? Ne voit-on point d'autres roches dans leur voisinage, ou ne se trouvent-

(1) *Voyez dans le Bulletin de la Soc. géol. de France*, vol. 3 et 4, les discussions sur les cratères de soulèvement, en particulier sur ceux du Mont-Dore et du Cantal.

elles qu'à distance du volcan, sans paraître être en rapport avec lui?

Les *volcans en ligne* s'élèvent-ils sur la crête de roches primaires? Ou bien, lorsque les volcans sont au pied d'une chaîne, y a-t-il du granite, des roches schisteuses anciennes, ou des dépôts tertiaires ou secondaires récents dans leur voisinage?

Les volcans actifs situés au milieu du terrain secondaire ancien, ne sont-ils pas fort rares?

§ VI. Leurs cratères.

Existe-t-il des traces de la première éruption? Les cones volcaniques isolés sont-ils entourés d'une enceinte circulaire, de hauts escarpements composés de coulées ou de nappes inclinées de basalte ou de trachyte? Dans quel rapport l'étendue du cratère est-elle avec la force de l'éruption? Quel est son diamètre, sa profondeur? Dans quel rapport cette dernière est-elle avec la hauteur du cone de cendres ou de scories, qui entoure le cratère? Sa profondeur a-t-elle beaucoup varié à chaque éruption qui a eu lieu par la cheminée principale? Quels faits montrent que le cratère s'agrandit à chaque éruption?

Il ne faut pas confondre son pourtour avec ceux des cones d'éruption qui se forment sur le fond du cratère, qui le comblent petit à petit, et qui varient souvent de place en même temps qu'ils émettent de la fumée, des vapeurs et des scories.

Un cratère est-il parfait, ou a-t-il perdu une de ses parois, de manière à paraître ouvert d'un côté? Le côté par lequel de grandes coulées de lave se sont fait jour, est-il plus bas, ou a-t-il été complètement détruit?

Quelle est la composition de la surface extérieure d'un cratère? Est-il partagé inférieurement en plusieurs portions distinctes?

Un cratère a-t-il sur son fond un ou plusieurs lacs? Est-ce un cratère-lac ou une solfatare? L'eau y est-elle chaude ou bouillante? S'en exhale-t-il des gaz? Son fond est-il couvert de soufre? L'eau est-elle acidifiée au moyen de l'acide muriatique ou sulfureux? . . .

Le cratère n'est-il plus qu'une *mare* comblée par un terrain marécageux?

. . .

§ VI. Les signes précurseurs d'une éruption.

Le volcan est-il pour ainsi dire le centre d'où partent les ébranlements du sol, qui précèdent à l'ordinaire les éruptions? Ces chocs se sont-ils fait sentir dans son voisinage immédiat?

A-t-on entendu des détonations souterraines répétées? A quel bruit peut-on les comparer relativement à leur intensité? De quelle manière et avec quelle rapidité se propagent-elles?

Peut-on regarder un temps lourd, un atmosphère calme et épais comme des signes précurseurs d'une crise prochaine?

Des sources ont-elles tari? Des puits se sont-ils desséchés? De nouvelles sources ont-elles paru? Les eaux de certains lacs ont-elles disparues?

La mer s'est-elle retiré des rivages?

Des montagnes voisines, ou des glaciers, se sont-ils fendus?

. .

§ VIII. Leurs laves.

. . . .

Leur nature. La lave est-elle lithoïde ou vitreuse? Est-elle composée d'autres substances principales que de feldspath, de pyroxène et de fer oxydulé titanifère? Est-elle simplement feldspathique ou amphigénique? Quelle espèce du genre feldspath y domine? La lave contient-

elle plus ou moins de minéraux différents? Sous quelle forme s'y trouvent-ils? La composition d'une coulée est-elle la même depuis son origine jusqu'à sa terminaison inférieure? Est-elle reconnaissable partout par les mêmes caractères?

Est-elle plus poreuse dans sa partie inférieure, et surtout supérieure, que dans son milieu? Les parties de la coulée, au pied du cone volcanique, ont-elles plus de compacité et un grain plus fin que celles qui sont à un niveau plus haut? Les portions vésiculaires et scoriacées n'offrent-elles pas les minéraux cristallisés des laves plus compactes? La coulée contient-elle du feldspath vitreux, de l'albite, etc.? Ce dernier accident peut-il conduire à penser qu'il y a du trachyte autour du foyer volcanique?

Une lave renferme-t-elle des fragments d'autres roches? Quelle est la nature de ces dernières, et dans quel état sont-elles? Ont-elles subi des altérations; par exemple, le calcaire compacte est-il devenu grenu, des schistes ont-ils été décolorés, boursoufflés, fondus ou silicifiés, des roches granitoïdes ont-elles été vitrifiées, etc.?

Une lave est-elle couverte d'efflorescences salines? De quelles espèces sont-elles? Est-ce du chlorure de sodium, du muriate ou sulfate d'ammoniac, du muriate et sulfate de potasse, du sulfate et carbonate de soude, etc.?

Leur chaleur. La lave est-elle, lors de sa sortie, en fusion imparfaite, c'est-à-dire que des parties solides sont mêlées à celles qui sont fondues? Doit-on regarder le passage de la lave de l'état fluide à la solidité, non-seulement comme une suite du refroidissement, mais encore comme une conséquence de la diminution ou de la condensation du fluide qui rendait mobiles les particules solides? Quels effets la lave a-t-elle produits sur divers

objets qu'elle a enveloppés, tels que des arbres, des ustensiles, des pièces de monnaie, etc. ?

Leur mouvement en coulée. La direction d'une coulée est-elle indiquée exactement par celle de la plus grande dimension des vacuoles dans la lave? Quelle est la rapidité avec laquelle une coulée se meut? Observe-t-on des renflements de la coulée dans les endroits où le mouvement est moindre ?

Leur consolidation. Quel temps la coulée a t-elle mis à se refroidir? Sa surface ne s'est-elle pas refroidie très vite, comparativement au reste de sa masse ? Après combien de jours a-t-on pu passer dessus? Combien d'années a-t-il fallu pour son refroidissement total? Sa surface est-elle restée âpre et aride, ou bien s'est-elle décomposée et couverte de végétation ?

Leur remplissage de fentes. Observe-t-on dans le cone des fentes produites par des tremblements de terre, et la lave, en remplissant le cratère, les a-t-elles comblées ? Quelle est la longueur, la largeur, la profondeur et l'inclinaison de ces fentes ? Y en a-t-il plusieurs qui sont parallèles, ou quelques-unes se croisent-elles ? La matière qui les remplit est-elle différente de celle qui les environne ? La lave des filons est-elle divisée en prismes? Ces derniers sont-ils placés verticalement sur les murs des fentes ?

Les formes des coulées. Quelle est la forme de sa surface? Donne-t-elle des renseignements sur la grandeur plus ou moins considérable du phénomène ? Quelle est sa largeur et sa hauteur ? Descend-elle comme une rivière ou un ruban, depuis la cime ou les parties élevées d'une montagne, jusqu'à son pied ? La coulée a-t-elle été obligée, quelque part, de changer de cours, et quel obstacle a-t-elle rencontré ? Une vallée ou une éminence l'a-t-elle fait dévier ?

Peut-on encore poursuivre des coulées très anciennes? Y en a-t-il dont l'origine n'est pas indiquée par les traditions et dont la surface est néanmoins aride et sans végétation?

Coulées se deversant dans la mer. La température de l'eau est-elle augmentée? L'eau est-elle devenue trouble? Des poissons morts ont-ils surnagé? Est-il vrai que la division prismée des laves soit favorisée par le contact avec l'eau de mer, ou du moins qu'elle se rencontre plus fréquemment dans les laves qui ont coulé sous l'eau, que dans celles qui se sont étendues à l'air libre?

L'extrémité des coulées est-elle toujours distinguée par une végétation abondante? Cette circonstance s'explique-t-elle par l'existence des sources qui filtrent sous la lave et viennent au jour à son extrémité?

§ IX. Leurs matières rejetées.

L'activité du volcan s'est-elle surtout manifestée par la formation de cones, au moyen de matières rejetées? Quelle a été la durée du phénomène? A-t-il été accompagné de fortes détonations dans l'intérieur de la montagne? Jusqu'à quelle hauteur s'élèvent ces amas de matières meubles? Ces dernières sont-elles composées de masses légères, de fragments de roches dures, de débris des murailles du cratère, de scories ou de ponces? Y a-t-il eu des pluies composées principalement de minéraux cristallisés, tels que de pyroxène, d'amphigène, etc., et mêlés à quelques scories légères, à des sables, ou des cendres noires? Le volcan a-t-il lancé des obsidiennes capillaires? Les substances compactes rejetées ne sont-elles que des roches plus ou moins totalement altérées, ou bien leur ancien état est-il encore reconnaissable? Les scories renferment-elles, dans leur intérieur, des noyaux

de roches non modifiées? Les masses scoriacées ont-elles des formes particulières, telles que celle de bombes?

Les éruptions de fragments demi-fluides, rouges et lumineux, donnaient-elles l'idée d'éruptions de feu et de flammes?

Les masses rejetées sont-elles tombées dans un lac ou une mer? Y ont-elles donné lieu à la formation de dépôts mixtes, c'est-à-dire participant à la nature volcanique et à la forme des alluvions?

§ X. Leurs explosions gazeuses et leurs vapeurs.

L'échappement des gaz produit-il des détonations se succédant rapidement et augmentant graduellement en force? Des efflorescences ou des incrustations sur les murs du cratère ou des fentes des laves, indiquent-elles la présence de substances métalliques dans les vapeurs gazeuses? Les parties métalliques sont-elles dissoutes par les vapeurs, ou sublimées, ou sous forme de gaz permanents? Y découvre-t-on de l'acide muriatique ou sulfureux, de l'acide borique, de l'hydrogène, de l'acide carbonique ou de l'azote, etc.?

§ XI. Leurs colonnes de fumée.

La fumée est-elle mêlée de matière pulvérulente? Quelle forme prend-elle? Quelle couleur a-t-elle? La fumée répand-elle une grande chaleur dans l'atmosphère? La fumée a-t-elle été si forte, que, mêlée à des cendres, elle a changé le jour en nuit?

§ XII. Leurs éruptions de cendres.

Quelle a été la durée de l'éruption de cendres? Quelle est l'épaisseur de la couche de cendre qui est tombée sur

le cone et ses environs? Les cendres ont-elles été accumulées par les vents ou les pluies dans certains lieux?

La couleur blanche des cendres indique-t-elle la très prochaine cessation du phénomène, ou dans des paroxysmes périodiques de certains volcans, seulement la fin d'une éruption partielle? A quelle distance les cendres ont-elles été portées par les vents?

Quelle est leur nature chimique?

§ XIII. Les averses ou pluies torrentielles sur les volcans.

La fin de l'éruption a-t-elle été marquée par la chute de beaucoup de pluie? Est-il descendu du cratère des courants boueux composés de pluie mêlée à des cendres, des sables, des scories et des fragments de roches? Ces matières ont-elles formées des dépôts volcaniques dans les vallées ou les plaines voisines? Empâtent-elles des végétaux, des restes d'animaux, des coquillages marins, d'eau douce ou terrestres, etc.

§ XIV. Leurs éruptions boueuses.

Une montagne volcanique a-t-elle donné de véritables éruptions boueuses? De quelle nature étaient-elles? Étaient-elles purement feldspathiques? N'ont-elles lieu que dans les montagnes trachytiques? Peut-on croire que la montagne renfermait un cratère-lac souterrain, ou un lac qui a rompu accidentellement ses digues et produit ces nappes de boue? Ces masses renferment-elles des restes de végétaux ou d'animaux?

§ XV. Les solfatares.

Les vapeurs d'un cratère qui a achevé ses éruptions, sont-elles sulfureuses, ou plutôt s'exhale-t-il des vapeurs d'eau chaude mêlées d'hydrogène sulfuré et d'acide

sulfureux ? Y a-t-il des exhalaisons d'un autre acide? Ces vapeurs s'échappent-elles avec bruit par plusieurs ouvertures? Décolorent-elles et décomposent-elles les roches? Y a-t-il dépôt de soufre et formation de sulfate d'alumine et d'alunite? Quels sont les autres sels produits ? Depuis combien de temps un cratère est-il devenu une soufrière ou une solfatare ? A-t-il déjà passé plusieurs fois de l'état de volcan actif à celui de solfatare.

La solfatare laisse-t-elle encore reconnaître la forme du cratère, ou n'est-ce qu'une crevasse dans le trachyte? Le sol du fond de l'entonnoir de la solfatare est-il chaud? Son pourtour est-il formé de trachyte altéré ou de laves pyroxéniques? Offre-t-elle un étang ou une mare d'eau?

Est-elle sous-marine ou a-t-on lieu de croire qu'il y a dans tel ou tel endroit de la mer une solfatare sous-marine? Quels sont ou doivent être ses produits et ses effets? Peut-il y avoir des solfatares sous-marines sur le fond de mers profondes? Dans ce cas, la pression exercée ne peut-elle pas presque égaler la force motrice de leurs émanations gazeuses ou du moins modifier leurs effets?

§ XVI. Les mofettes.

Des dégagements d'acide carbonique ont-ils lieu périodiquement ou toujours dans le voisinage de volcans éteints ou brûlants? Le gaz sort-il seul de terre ou est-il mélangé à de l'eau? S'échappe-t-il de cette dernière en bouillonnant très fort? Ces sources tarissent-elles dans les jours caniculaires? Le gaz sortant tout seul de la terre, est-il rendu sensible par le mouvement de l'air? L'herbe est-elle couverte, dans certains lieux, d'une couche d'acide carbonique? Ou bien se rassemble-t-il

dans des cavernes? Exerce-t-il une influence funeste sur la végétation? Est-il assez pur pour tuer des animaux?

Combien de temps après une éruption volcanique se font sentir les mofettes?

Voyez à ce sujet un mém. de M. Fournet, (*Annal. Scient. d'Auvergne*, t. 2., p. 241).

§ XVII. L'origine probable des volcans et des phénomènes plutoniques.

Les volcans sont-ils dus uniquement à l'état de fusion dans lequel se trouve encore l'intérieur du globe, leurs éruptions ne sont-elles que l'effet du mouvement des matières ignées semi-fluides, en conséquence de la contraction incessante de la croûte terrestre et les autres phénomènes volcaniques, dépendent-ils de l'action de la chaleur intérieure du globe sur sa croûte refroidie? Est-il plus probable que les volcans ne sont que les cheminées d'un vaste laboratoire souterrain, dans lequel a lieu l'oxydation de métaux et de métalloïdes combinés avec du soufre, au moyen de l'arrivée de l'air et de l'eau?

La première hypothèse rend-elle compte pourquoi les volcans sont plutôt sur les côtes ou sur les points de moindre résistance que dans l'intérieur des continents? Démontre-t-elle pourquoi leur action est intermittente et durable? La chaleur du globe agissant sur les calcaires n'explique-t-elle pas le dégagement de l'acide carbonique des volcans? Cette supposition rend-elle compte de la formation des volcans sous la mer, où ils ont à surmonter une grande pression? Si cette explication était la véritable, pourquoi n'y aurait-il pas de volcans dans toutes les plaines et sur toutes les côtes? Pourquoi les volcans

passeraient-ils à l'état de volcans éteints? Pourquoi y aurait-il tant de variétés dans les produits des volcans? Comment se formeraient les vapeurs aqueuses qu'exhalent les volcans?

Faut-il y ajouter la supposition de l'arrivée par infiltration de l'eau de mer ou de l'eau douce sur la matière en fusion? La force de ces vapeurs pourrait-elle servir aussi à élever les laves? Comment expliquerait-on la formation de l'acide sulfureux et de l'azote, si on ne veut pas admettre la présence de substances capables de décomposer l'eau?

D'un autre côté, les volcans vomissant des masses surtout composées de silice et d'alumine, n'est-il pas rationnel de croire plutôt que l'action volcanique est entretenue par l'oxydation du silicium et de l'aluminium, lorsque la combustion a commencé par l'action de l'eau sur du potassium, du sodium ou du calcium? L'objection faite contre cette hypothèse, que les volcans n'exhalent pas de l'hydrogène pur, est-elle fondée? Ne peut-on pas répondre que l'hydrogène se combine avec d'autres gaz, et ressort sous la forme d'hydrogène sulfuré, carburé et même phosphoré, sous celle du sel ammoniacal et qu'il peut même servir à recomposer l'eau?

Tous les phénomènes volcaniques ne s'expliquent-ils pas naturellement par le contact des métaux non oxydés avec l'air atmosphérique et l'eau de mer? Le dégagement de l'azote, ne résulterait-il pas alors de la décomposition de l'air? L'hydrogène ne formerait-il pas l'ammoniac avec une portion d'azote; tandis qu'une autre partie s'unirait avec du soufre ou du phosphore, pour produire de l'hydrogène sulfuré et phosphoré? Le soufre ne passerait-il à l'état d'acide sulfureux que parce que la plus grande partie de l'oxygène se combine

avec l'hydrogène pour former de l'eau? L'hydrogène sulfuré qui s'échappe, surtout à la fin des eruptions, ne serait-il pas dû à la petite quantité restante d'oxygène, ce qui forcerait l'hydrogène à s'unir au soufre? Le depôt du soufre à la bouche des volcans indiquerait-il la décomposition mutuelle de l'hydrogène sulfuré et de l'acide sulfureux?

Dans cette hypothèse, la quantité de l'eau du globe ne diminuerait pas, parce que les volcans en exhalent beaucoup sous la forme de vapeurs? L'origine de l'acide muriatique, du sel marin et des autres sels alcalins, rejetés par les volcans, s'expliquerait-il par l'affinité exercée par les métaux sur la base des muriates? Le fer sublimé sous la forme d'un protoxyde, plutôt que d'un péroxyde proviendrait-il de la propriété désoxydante de l'hydrogène sulfuré qui se dégage en même temps?

Comment l'air atmosphérique pourrait-il pénétrer dans les foyers volcaniques? Seraient-ce par des crevasses au moment du soulèvement ou d'ébranlement du sol produit par l'échappement des gaz? Les détonations souterraines ne prouvent-elles pas qu'il y a de grandes cavités près des centres d'activité volcanique?

La situation des volcans près des mers ne tend-elle pas à montrer que l'eau de mer est nécessaire à leurs opérations chimiques? Cette idée n'est-elle pas appuyée par la considération que les volcans de divers pays se sont éteints, lorsque la mer s'est éloignée de ces anciennes terres fermes, par suite des soulèvements de ces derniers?

Est-il vrai que des volcans aient vomi des masses d'eau salée identique avec celle de la mer, ou s'est-on trompé à cet égard?

Consultez sur les volcans, *Hist. nat. des volcans*, par Ordi-

naire, 2e édit., Paris 1829, in-8°. Mém. sur l'action du feu des volcans, par M. Fleuriau de Bellevue (*J. de Phys.*, prairial an XIII). Théorie de Davy dans ses recherches chimiques sur les alcalis (*Lond. phil. Trans*, 1808 et 1809). *Essai sur une nouvelle théorie des volcans*, par Melograni, trad. par Montagne, Naples, 1810, in-8°. *Ideen zu e. vulcanischen Erdglobus*, par Sickler, Weimar, 1812, in-8°. *Geschichte der naturl. Verander. d. Erdoberflache*, par M. de Hoff, vol. 2 et 3, 1824 et 1834. Sur la nature des phénomènes volcaniques et les volcans, par M. de Buch, dans sa *Descript. physiq. des Canaries, et mém. de la Soc. linn. de Normandie*, in-4°, vol. 1, p. 77. *Considérations on volcanoes*, etc., par M. Poulett Scrope, Londres, 1825, in-8°. *Description of active a extinct volcanos*, par M. Ch. Daubeny, Londres, 1826, in-8°. Sur les phénomènes des volcans, par Sir H. Davy (*Lond. phil. Trans.*, pr. 1828, p. 241, *Ann. de Ch.*, vol. 38, p. 133, et *Annal. des mines*, 3e sér, vol. 2, p. 3.) Des volcans et des terrains volcaniques, par M. Al. Brongniart, (*Dict. des Sc. nat.*, v. 58, p. 116, 1829). Réflexions sur les volcans, par M. Gay-Lussac (*Ann. de Ch. et de Phys.*, vol. 22, p. 415). *Uber den Bau u. d. Wirkungsart der Vulkane*, par M. de Humboldt (*Mém. de l'Acad. de Berlin* (pour 1823) 1825, p. 137, *miner. Tasch.* 1824, et *Annal. d'Auvergne*, vol. 2, p. 183). Essai sur la température de l'intérieur de la terre, par M. Cordier (*Mém. du Mus.*, 1827). Considération sur la cause des éruptions volcaniques, par M. Guibourt (*Ann. de Chim.*, vol. 47, p. 39). Article sur la formation de la terre, par Sir H. Davy. (Ses *Consolations in travels*, 1830, et *Édinb. phil. j.* avril, 1830, p. 320). Coup d'œil sur les volcans, par M. Huot, Paris 1831, in-8°, avec atlas (*Encycl. méth., géogr., phys.*, vol. 5). *Considérations générales sur les volcans*, par M. Girardin, Paris, 1831, in-8°. Essai théorique sur les volcans, par M. Ampère (*Revue des Deux-Mondes*, 2e sér. 1833, vol. 3, p. 92). Géologie volcanique ou Description des dépots ignés, par M. Ch. Daubeny (*Encycl. metropolitana* de Londres, dernier vol., p. 711 à 757, avec pl.). Un mém. de M. Maravigna (*Atti dell. Accad. di stor. nat. di Catania*, vol. 7, 2e sem., p. 139).

CHAPITRE XV.

Lagoni.

La sortie des vapeurs aqueuses chaudes, mêlées d'acide borique, occasione-t-elle des bruits semblables à ceux d'une machine à vapeur, ou d'un soufflet de forge? Dans quel terrain sont situés les lagoni? Est-ce un sol secondaire ou primaire? Est-il crevassé ou bouleversé? Les lagoni sont-ils sujets à changer de place? Quelle est la grandeur des lagunes produites? Sont-elles entourées de boue et de blocs de rochers? L'acide borique y est-il mêlé avec des pyrites, du soufre, des sulfates et de l'acide hydrosulfurique à l'état libre?

Leur origine probable. Quelle est l'origine probable des lagonis? La présence de l'acide borique dans les cratères des volcans est-elle suffisante pour ne voir dans les lagoni que les effets d'un foyer volcanique situé très profondément dans la terre et n'ayant pas la force nécessaire pour se faire jour autrement, ou bien doit-on supposer que l'acide borique existe dans le sol, uni à des bases terreuses et qu'il en est séparé par des réactions chimiques, telles que celles produites par le contact des pyrites et de l'eau? Les borates terreux seraient-ils décomposés, à l'aide de la chaleur, par le sulfate de fer résultant de l'union du soufre acidifié et du fer oxydé par l'oxygène de l'eau? De nouveaux sulfates seraient-ils ainsi formés, et l'acide borique deviendrait-il libre, de manière à être entraîné par des courants de vapeur aqueuse?

Voyez à cet égard *Di Lagoni del senese e del Volterrano*, par Mascagni, Sienne, 1779, in-8°. Un mém. de M. Larderel (*Atti del Accad Georgofil*, de Florence, vol. 3).

CHAPITRE XVI.

Salses.

Depuis quelle époque connaît-on dans un endroit des éruptions plus ou moins fortes de boue mêlée de bitume et avec des dégagements d'hydrogène, et le plus souvent carburé, ou bien avec de l'acide carbonique pur? Y a-t-il vraiment des salses dont il s'échappe de l'azote ?

Ce phénomène a-t-il lieu depuis un temps immémorial? Est-il permanent, et à quels intervalles de temps se renouvelle-t-il? Est-il plus fréquent dans certaines saisons? L'état de l'atmosphère a-il quelqu'influence sur ce phénomène ?

Quelle est la nature des roches dans le voisinage? Les salses existent-elles dans des localités arides, mais abondamment pourvues de pétrole? Y a-t-il, dans leur alentour, des sources salées? Le sol offre-t-il des fragments de bois bitumineux ?

Leurs phénomènes et leurs produits. Y a-t-il formation de petits cones à entonnoirs cratériformes et remplis d'eau bourbeuse? Ces petites éminences varient-elles beaucoup de forme? Quelle est la température de l'eau? S'en dégage-t-il beaucoup de gaz, avec ou sans bruit? Quelle est sa nature? Est-ce de l'hydrogène carburé ou sulfuré? Eprouve-t-on des tremblements de terre dans les environs? Jusqu'à quelle distance s'étendent ces oscillations du sol? Des bruits souterrains se font-ils entendre ?

Y a-t-il éruption de fumée et de flammes? Des masses et des blocs de boue sèche, et des fragments de roches ont-ils été lancés à de grandes hauteurs? Est-il sorti en même temps des jets d'eau pure ou salée? De quelle ma-

nière la coulée de limon argilo-bitumineux s'est-elle épanchée ? Ces masses se sont-elles solidifiées promptement ? Les matières anciennes offrent-elles des différences notables, pour la couleur, d'avec celles récemment formées ?

Leur origine probable. Sont-ce des phénomènes volcaniques? Doit-on voir dans le sel marin de leurs eaux et leurs gaz (l'azote, par exemple) des preuves d'une telle origine ? Ou bien n'est-ce qu'un effet de l'action chimique réciproque de certaines substances accumulées dans le sein de la terre par des anciennes solfatares sous-marines ? N'est-ce que le résultat d'une distillation lente de matières bitumineuses produisant des dégagements d'acide carbonique et d'hydrogène carburé ? Cette distillation ne peut-elle pas avoir lieu en conséquence de la chaleur terrestre, ou par suite d'une combustion lente d'amas puissants de soufre, comme en Sicile ? Doit-on peut-être admettre plusieurs espèces de salses et croire que certaines d'entre elles sont liées aux phénomènes actuels des volcans ? N'est-il pas probable qu'il y a eu autrefois des salses beaucoup plus considérables que celles qui existent maintenant ? Certains dépôts de sel ne pourraient-ils être dus à des salses gigantesques ?

Consultez, *Voyages de Spallanzani*, vol. 5. Le mém. de Ménard de la Groye (*J. de phys.*, vol. 86). L'article Salses, par M. Brongniart (*Dict. des Sc. nat.*). Un mém. de M. Barnaba La via sur la Malacuba en Sicile, (*Giorn. di Fisic*, vol. 7, p. 124); Sur les salses et les feux de Bakou, par M. Lenz, (*Fragm. de géol. et climatolog. asiat.* de M. de Humboldt, vol. 1, p. 172 et *mém. de l'Acad. de St.-Pétersbourg*); Un mém. de M. Dubois sur les *salses de Taman*, etc.

CHAPITRE XVII.

Feux naturels et fontaines ardentes.

L'échappement de l'hydrogène carboné ou carburé se fait-il sans bruit ou avec des détonations? A-t-il lieu avec ou sans la présence de l'eau ?

Est-il permis de croire que le gaz s'enflamme quelquefois spontanément, ou ne brûle t-il qu'accidentellement ?

Depuis quelle époque connaît-on ce phénomène ? Y a-t-il plusieurs feux semblables dans la contrée? A quelle distance sont-ils l'un de l'autre ? Quelle étendue occupe-t-il ? Leur nombre a-t-il diminué ou augmenté ? Les points d'éruption ont-ils changé de place? Se sont-ils éloignés l'un de l'autre ? Quelle est la nature géologique du sol ? Renferme-t-il beaucoup de sources de pétrole ? La colonne enflammée n'est-elle creuse qu'accidentellement, parce que le trou a été comblé en partie avec des pierres? Ne peut-on apercevoir ni fente ni canal quelconque? Le phénomène est-il surtout fort par des temps brumeux, par la pluie ou la neige?

Le feu s'éteint-il dans les grandes sécheresses, pour reparaître lorsque le temps devient humide ? De quelle manière le phénomène est-il visible? Le voit-on mieux de nuit ? Quelle est la couleur des flammes? Est-elle bigarrée dans les temps de brouillards ?

La combustion du gaz est-elle accompagnée de fumée ou de vapeurs? Ces dernières s'élèvent-elles plus haut que la flamme ? Quel est le diamètre de cette dernière à sa base ? Quelle est sa hauteur ? S'en détache-t-il des parties pour atteindre de plus grandes élévations ?

Leur forme est-elle irrégulière, ou les flammes sont-elles en colonne ? Ne suivent-elles pas une direction

constante ? De petites flammes de diverses couleurs s'élèvent-elles à côté des grandes ? Jusqu'à quelle distance se propage une odeur particulière ? Est-ce celle de l'hydrogène carburé ou du bitume? La chaleur est-elle sensible à distance ?

Les feux sont-ils sujets à s'éteindre lorsque le sol a été ébranlé, ou bien après de grandes pluies ? Quels effets le feu produit-il sur les roches qui sont en contact avec lui ? Se couvrent-elles d'une espèce d'enduit fuligineux ? De quelle nature est ce dernier ? Y a-t-il des traces de vitrification ?

Leur origine probable. Quelle est l'origine des feux ardents ? Sont-ils dus à une combustion lente et souterraine de matières bitumineuses? Peut-on les comparer à ces jets de gaz semblables, qui sortent, dans certaines mines, des fentes de couches de houille ou de sel ? Les découvertes récentes sur la liquéfaction des gaz ne servent-elles pas à mieux expliquer le dégagement régulier et continuel de tels jets de gaz? Ces feux ne sont-ils pas toujours dans des contrées où il y a des couches d'anthracite, de houille ou de lignite ?

CHAPITRE XVIII.

Embrasements des couches de combustibles.

Quels phénomènes décèle un tel embrasement ? La neige fond-elle sur ces localités? La végétation y est-elle plus précoce ? L'herbe y reste-t-elle verte même lorsqu'il fait très froid ? Des arbres et l'herbe y périssent-ils en été? Y a-t-il des dégagements d'hydrogène carboné ? Sont-ils accompagnés de détonations? Ces dernières se répètent-elles à des intervalles réguliers de temps ?

Depuis combien de temps dure l'embrasement ? A

quelle distance s'étend-il? Une grande partie de la couche de combustible est-elle consumée? L'embrasement est-il complètement éteint? Quelle est la puissance des couches qui recouvrent le banc enflammé? De grandes masses de pierres cuites ou vitrifiées indiquent-elles l'intensité ancienne de l'incendie?

Observe-t-on encore à la surface du sol de la fumée, lorsque le feu est déjà éteint au fond de la mine? Est-il sorti des flammes de la terre? L'embrasement a-t-il une odeur particulière? Quelques endroits du sol étaient-ils déjà chauds avant que l'incendie ne se fût déclaré? La chaleur a-t-elle augmenté lentement ou rapidement?

Quelle est la nature du combustible près de l'endroit où il brûle? Quels changements ont éprouvé et éprouvent les couches qui l'accompagnent? Le sol est-il fendillé et çà et là soulevé? Les couches sont-elles décolorées, torréfiées, cuites, vitrifiées et scorifiées? Les argiles schisteuses sont-elles changées en parcellanites plus ou moins caractérisées? Y a-t-il des grès frittés? Du fer carbonaté changé en fer oxydé argileux, bacillaire? Observe-t-on des roches tripoliennes? Des efflorescences salines d'alun, de sel ammoniac, etc., couvrent-elles les fentes d'où sortent des vapeurs?

L'embrasement a-t-il attaqué des lignites, de la houille ou des couches d'anthracite ou d'ampélite? Dans ce dernier cas, les schistes argileux, au contact, sont-ils décolorés et sont-ils passés, en partie, à l'état d'espèce de tripoli grossier?

Leur origine. Quelles sont les causes de l'incendie? La décomposition des pyrites, au moyen de l'eau, a-t-elle produit assez de chaleur pour l'allumer, ou bien le feu y a-t-il été mis accidentellement? L'embrasement est-il réellement possible, lorsque les couches sont très

pyriteuses et traversées par des infiltrations aqueuses? Une ventilation insuffisante a-t-elle contribué à produire l'incendie? Avant cet événement, a-t-on senti, dans les mines, un air très chargé de gaz inflammable? Y a-t-il des couches plus aptes que d'autres à s'enflammer? Le feu a-t-il été mis dans l'intérieur des mines ou à l'extérieur? L'incendie s'éteint-il de lui-même? Ne continue-t-il que jusqu'au point où il n'y a plus de courant d'air?

N'est-il pas aisé de distinguer ces petits accidents locaux d'avec les phénomènes volcaniques et les salses?

CHAPITRE XIX.

Ecroulements et Eboulements.

§ I. Généralités.

La contrée où il y a eu des écroulements ou des éboulements, est-elle sujette à ces accidents? Y ont-ils été fréquents? Les dates des principaux événements semblables sont-ils connus par tradition ou par des documents authentiques? Toute tradition est-elle malheureusement perdue? Des grands blocs isolés indiquent-ils que de semblables catastrophes ont eu lieu dans certains endroits? Les traces des éboulements anciens ont-elles été effacées par des débris? La partie inférieure des parties écroulées couvre-t-elle des habitations?

§ II. Leurs indices.

L'événement a-t-il été précédé par un hiver où il a tombé beaucoup de neige ou de pluie? A-t-il eu lieu subitement après un dégel?

Le sol a-t-il commencé à s'enfoncer ou à glisser avant

la catastrophe? Après un tel affaissement a-t-on senti un soulèvement avant le glissement ou l'écroulement? Le sol s'est-il mis en mouvement en même temps qu'il s'est affaissé? Le terrain s'est-il fendillé, des prairies se sont-elles déchirées? Les environs ont-ils été ébranlés? Le fendillement et la chute de la masse ont-ils produit un bruit sourd, une détonation souterraine? A quelle distance ce bruit s'est-il fait entendre? La contrée a-t-elle été couverte de nuages de poussière, de manière à intercepter la lumière pendant plus ou moins long-temps (1)?

Des sources se sont-elles fait jour après la catastrophe? Les rivières se sont-elles gonflées? L'éboulement a-t-il arrêté leur cours, ou les eaux de la rivière ont-elles été obligées de se frayer un nouveau lit? Les lacs voisins ont-ils été agités ou leurs eaux troublées? Certains lacs périodiques se sont-ils remplis et desséchés plusieurs fois de suite lors de l'éboulement?

§ III. La nature de leurs roches.

Quelles sont les roches qui se sont écroulées ou qui ont glissé? Est-ce du schiste argileux, du calcaire, du nagelfluh, du gipse, des couches sableuses à lignite, etc.? Les écroulements sont-ils surtout fréquents dans les contrées à amas de gipse et à marnes gipseuses? Voit-on encore des masses peu solides sur les murs des rochers dont est parti l'éboulement? Les couches sont-elles traversées de profonds ravins? Le glissement des masses a-t-il tracé des sillons sur le roc vif?

---

(1) De pareils nuages de poussière ont duré quelquefois quelques jours, et ont pu donner lieu à de faux bruits sur de prétendues éruptions volcaniques, dans des montagnes où il n'y en a jamais.

§ IV. Leurs effets.

Les blocs de rochers sont-ils les uns sur les autres? Un endroit jadis une plaine ondulée ou un vallon, n'est-il plus qu'un amas confus de terre, de pierres, de cailloux et de sables? L'éboulement a-t-il produit de petites éminences dont la hauteur a varié dans le premier moment? Les traînées de débris se sont-elles étendues au loin, à mesure qu'elles descendaient de la montagne? Quelle a été la durée de leur mouvement? Des forêts ont-elles été renversées sous les débris, et même déplacées, de manière à ce que les arbres restassent cependant debout? Des bois, des maisons, et même des villages ont-ils été ensevelis? Quels obstacles l'éboulement a-t-il rencontré dans sa marche? La masse de débris, une fois desséchée, s'est-elle fendillé? Des prairies et des champs ont-ils glissés considérablement? Quelle étendue ont les parties ainsi descendues?

Quelle est la forme d'un écroulement? Est-ce celle d'un entonnoir? Les murailles du trou d'affaissement sont-elles verticales lorsqu'elles sont calcaires, et faiblement inclinées lorsqu'elles sont argileuses ou schisteuses?

§ V. Leurs causes.

Doit-on attribuer à la facile décomposition de certaines roches la production de destructions pareilles? Des couches compactes alternent-elles avec d'autres, qui sont tendres et avec des masses sujettes à se décomposer ou à être détruites entièrement? Le ciment de certains agglomérats est-il d'une nature telle qu'il se décompose par l'infiltration des eaux de pluie ou de neige, et que les cailloux et les fragments des roches perdent leur solidité? Des rivières rapides, les eaux agitées d'un

lac ou des courants souterrains sont-ils la cause de l'écroulement ou de l'éboulement? Ces événements ont-ils été produits parce que les masses reposaient sur des sables, des cailloux, des argiles ou d'autres matières aisément détruites, et parce que ces dernières ont été enlevées petit à petit par les eaux, ce qui a produit des affaissements, des fendillements, et enfin des glissements? S'est-il formé dans le sol des cavités remplies d'eau stagnante?

Les crètes des montagnes offrent-elles des lacs sans écoulement visible? Ces derniers sont-ils en comumication avec des cavités remplies d'eau et se trouvant sur l'éboulement? A-t-on détourné de leur cours ordinaire des ruisseaux ou des torrents pour arroser des prés, ce qui a fait infiltrer des eaux dans un terrain de matières meubles? A-t-on dégarni imprudemment de forêts certaines pentes de montagnes?

Un éboulement est-il provenu de l'affaissement de masses de rochers peu solidement superposés les uns sur les autres? Ou bien les voûtes non étayées de fentes ou de cavités cachées se sont-elles écroulées?

Des fentes ont-elles séparé des portions d'une montagne, qui ensuite, privées d'appuis, sont tombées ou se sont écroulées?

Des tremblements de terre ou des phénomènes volcaniques ont-ils occasionné les chutes de rochers et les écroulements?

Voyez la description de la chute du Rossberg, dans *Goldau u. seine Gegend*, etc., par C. Zay Zurich, 1807; Rapport sur la destruction du village de Randa, dans le haut Valais, par J. Venetz, (*Naturwiss. Anz. der allg. Schweiz. Gesell. f. Naturwiss.* et *Annal. de Gilbert*, vol. 64, p. 209.) etc.

CHAPITRE XX.

Aérolithes.

Quelle phénomène a précédé la chute des aérolithes? A-t-on vu un nuage, un bolide, une traînée de feu, des étincelles, etc.? Dans quelle direction marchait ce nuage ou ce bolide? Combien de temps a-t-on pu l'observer? A-t-ou entendu des détonations? Le nuage a-t-il disparu avec l'explosion? Quel intervalle de temps s'est-il écoulé entre cette dernière et la chute? De quelle manière les pierres sont-elles tombées? Combien en a-t-on compté? Ne sont-ce que des fragments d'une même masse? Leur chute a-t-elle été accompagnée de celle de matières pulvérulentes? Leur surface est-elle noire et vitrifiée? De quelle nature sont les aérolithes? Sont-elles compactes, ou à porosités, ou friables? Sont-ce des aérolithes ordinaires, ou bien y observe-t-on des minéraux cristallisés? Sont-ce des masses de fer météorique? Offrent-elles intérieurement une texture cristalline particulière? Contiennent-elles de l'olivine ou quelque autre minéral? Quel est le résultat de leur analyse?

Leur origine probable. Est-il impossible qu'ils proviennent de la lune? Doit-on plutôt les regarder comme des débris de planètes brisées, qui accompagnent d'une manière invisible la terre dans son mouvement de rotation, et qui, arrivant quelquefois trop près d'elle, sont forcés de tomber en conséquence de l'attraction qu'ils éprouvent? Leur chute oblique, la production de la lumière, l'oxydation de leur croûte, leur chaleur et l'apparition de bolides, qui traversent quelquefois, sans tomber, les régions les plus élevées de notre atmosphère, ne sont-elles pas des preuves en faveur de cette opinion? Y a-t-il des faits confirmatifs de l'hypothèse que les aérolithes se forment

dans l'atmosphère par la condensation subite de diverses exhalaisons gazeuses provenant de la terre? Quels sont les rapports des aérolithes avec les bolides, les étoiles filantes et la chute de diverses poussières qu'on a vu tomber quelquefois de l'atmosphère?

CHAPITRE XXI.

Végétation et géographie botanique.

Les observations sur la force végétative et la nature des plantes, peuvent être très utiles pour déterminer la température terrestre et le climat des pays où on se trouve; mais il faut aussi y joindre l'étude des rapports du règne organisé avec la nature inorganique.

Les délimitations des zones de végétation ont lieu suivant les degrés de longitude et de latitude, et d'après l'élévation au-dessus de la mer. A cet égard, un soin tout particulier est nécessaire pour ne pas tirer des conclusions générales fausses de cas particuliers bien observés. Ainsi, c'est bien plutôt les plantes les plus communes que celles qui sont rares, dont on doit tâcher d'apprécier la démarcation géographique. La disparition d'un seul végétal n'est pas suffisant pour indiquer le commencement d'un autre empire de flore, cela peut être même un accident tout-à-fait local. Les diverses végétations ayant besoin non seulement de différentes quantités de température et de lumière, mais encore d'humidité et de terre végétale, il s'ensuit des modifications de distribution géographique d'autant plus nombreuses que des structures diverses viennent encore adapter certains végétaux à un plus grand nombre de stations non identiques entre elles.

Les créations végétales comme les créations animales,

se trouvent groupées sur la surface du globe dans un certain ordre résultant des grandes lois géogéniques, qui ont présidé et président encore à la formation des continents et aux changemeuts dans la place, le niveau et le fond des mers. Les botanistes ont été conduits naturellement à cette vérité, en reconnaissant sur la terre des régions botaniques ou des royaumes de flore, mais, faute de connaître à fond la géologie, cette donnée n'a pas pu les conduire à toutes les déductions intéressantes qu'elle fournit aux géologues. Sous ce point de vue, il me paraît utile de fixer, dans l'esprit de ces derniers, les régions botaniques du globe et de rechercher dans chacune d'elles l'origine géologique de l'espace de terre qu'elle occupe. Le géologue peut trouver ainsi à corriger les limites assignées par le botaniste aux diverses régions, à augmenter ou diminuer leur nombre et à expliquer les barrières naturelles qui les séparent; tandis qu'il peut puiser lui-même dans les notions de géographie botanique, de précieux renseignements sur l'âge de certaines portions terrestres et sur les phases par lesquelles tout le globe a passé. D'ailleurs les royaumes de flore présentent une correspondance remarquable avec les régions géologiques dans lesquelles se divise le globe terrestre.

§ I. Régions botaniques.

Les limites des *régions botaniques* sont les mers, les déserts, les grandes chaînes de montagnes et tout obstacle continu à la dissémination d'une espèce quelconque, par exemple, un grand marais pour les plantes qui craignent l'eau, une forêt étendue pour celles qui périssent à l'ombre, un changement de latitude, de longitude ou d'élévation pour celles qui ne s'accommodent pas de variations considérables de température.

Dans l'état actuel de la distribution des mers et des terres, ces frontières naturelles posées à la végétation ne sont franchies qu'au moyen du transport des plantes ou des graines par des courants marins ou fluviatiles, par des vents ou des trombes, par les animaux, les oiseaux et l'homme; mais la surface terrestre n'ayant pris que successivement sa configuration actuelle, il est arrivé, par suite, des changements géologiques que la place des régions botaniques a dû varier sensiblement. En effet, en négligeant pour le moment l'effet produit, suivant les uns, par le refroidissement de la croûte terrestre, ou, suivant les autres, par un changement dans l'axe terrestre, la géologie démontre clairement que 1° certaines régions botaniques actuelles ne sont qu'un composé de plusieurs régions originaires; 2° que les barrières séparant certains royaumes de plantes ont dû disparaître en tout ou en partie à certaines époques; 3° qu'au contraire d'autres régions ont dû se trouver séparées pour toujours, en provinces isolées par suite de certaines catastrophes géologiques. Ainsi, l'écoulement d'une mer, le soulèvement d'un continent ou d'une chaîne ont dû altérer fortement la distribution des royaumes botaniques, même dans les époques les plus rapprochées de nous. Enfin, la dissémination particulière des plantes et de chaque famille de végétaux dans les diverses régions ne trouve véritablement son explication que dans les accidents orographiques et géologiques du sol.

Or, de pareilles recherches géologiques conduisent naturellement à l'explication des ressemblances de végétation dans certains centres éloignés, à celle des rapports entre les plantes de quelques régions, maintenant en apparence bien séparées et à celle des passages entre d'autres régions très difficiles à délimiter.

Mais quand on compare la géographie des plantes à celle des animaux tant vivants que fossiles, on reconnaît évidemment une analogie ou une similitude de dispersion, qui conduit nécessairement à reconnaître une identité de causes premières. Or, ces dernières étant géologiques, je crois utile de m'étendre sur la distribution géographique des plantes, mieux connue que celle des animaux. D'ailleurs la locomotion d'un grand nombre de ces derniers a rendu plus indistinctes les régions primordiales de leurs créations.

MM. De Candolle et Schouw (1) sont les botanistes qui ont divisé le plus heureusement la surface terrestre en régions botaniques; M. Schouw a même dressé des cartes à cet effet. L'état actuel des connaissances a permis à ce dernier botaniste de distinguer plus de 26 régions, tandis que M. De Candolle n'en reconnaissait que vingt.

La caractéristique d'une région consiste en ce que la moitié au moins des espèces de ses plantes lui soient particulières, qu'il en soit à peu près de même pour un quart des genres, et qu'il y ait des familles existant nulle part ailleurs, ou presque exclusivement restreintes à un point du globe.

1° *Région hyperboréenne*, ou région des Mousses et des Saxifrages, qui comprend une région arctique et une région alpine.

A. Les pays circumpolaires depuis la limite des glaces

(1) Voyez l'Essai élémentaire de géographie botanique, par M. De Candolle (*Dict. des Sc. nat.*, vol. 18. *Grundzuge e. allg. Planzen geographie*; par M. Schouw. Berlin, 1823, in-8°, avec figures, etc. *Linnœa*. vol. 8, ou *Annal. des Sc. nat.*, fév. et mars 1835. Le Catalogue des ouvrages sur ce sujet, se trouve dans l'ouvrage de M. Schouw et dans le 1er vol. du *Systema vegetabilium*; par M. De Candolle.

jusqu'à celle des arbres, savoir : Scandinavie 70° lat. sept., Asie 68°, Kamtchatka 68°, milieu de l'Amérique septentrionale 68°, Labrador 58°, les îles polaires, le Groenland, l'Islande, etc., jusqu'au 60°.

B. Les plus hautes régions des montagnes de l'Europe, de l'Asie septentrionale, et probablement aussi de l'Amérique du nord. Egalement depuis la limite des neiges jusqu'à celle des arbres, savoir : le nord de la Scandinavie 1,500 à 3,000 pieds, le sud de la Scandinavie 3,500 à 5,200. Les monts Carpathes 4,500 à 8,000. Les Alpes, sur leur côté septentrionale, 5,500 à 8,200, sur le côté méridional 6,500 à 8,600. Les Pyrénées sur le côté septentrional 6,500 à 7,800, sur le côté méridional 6,900 à 8,600. Les Apennins 6,000 à 9,000. Le Caucase 5,500 à à 10,000. L'Altaï 6,000 à 7,000. Les montagnes de la Grèce, le Balkan, la Sierra Nevada en Espagne.

Température moyenne. Région polaire : —15° = +4° R. Région alpine : — 5° = + 2°.

Caractère. Formes caractéristiques et dominantes : *Ranunculus. Arabis. Draba. Arenaria. Dryas. Potentilla. Saxifraga. Rhododendron. Azalea. Gentiana. Pedicularis. Salix.* Mousses et Lichens.

Pour les contrées polaires principalement : *Coptis. Eutrema. Parrya. Diapensia. Andromeda. Ledum.*

Pour les contrées alpines : *Cherleria. Campanula. Phyteuma. Primula. Aretia. Soldanella.*

La plupart des végétaux sont des plantes vivaces, basses avec de très grandes fleurs douées de couleurs brillantes. Les arbres manquent. Les arbrisseaux et les arbustes les plus abondants dans les régions polaires sont : *Betula nana, Salix lanata, fusca, lapponum, reticulata, artica, herbacea; Rubus chamæmorus, Empetrum nigrum, Andromeda hypnoïdes et tetragona, Arbutus alpina et Uva ursi, Azalea procumbens,*

Rhododendron lapponicum et *Menziezia cœrulea.*

Sur les montagnes : *Juniperus nana*, *Alnus viridis*, *Salix reticulata* et *herbacea*, *Rhododendron ferrugineum*, *hirsutum* et *caucasicum*, *Vaccinium Myrtillus* et *uliginosum*, *Azalea procumbens*, *Arbutus alpina* et *Uva ursi*, *Empetrum nigrum.*

Quelques plantes se rencontrent près de la région des neiges, ce sont : *Ranunculus glacialis*, *Saxifraga oppositifolia* et *Silene acaulis.*

Principalement dans les terres polaires : *Agrostis algida*, *Ranunculus hyperboreus* et *nivalis*, *Saxifraga rivularis*, *cernua* et *nivalis*, *Papaver nudicaule*, *Draba alpina*, *Lychnis apetala*, *Diapensia lapponica.*

Dans la région des montagnes : *Saxifraga muscoïdes* et *bryoïdes*, *Cherleria sedoïdes*, *Aretia helvetica* et *alpina*, *Draba nivalis*, *Petrocallis pyrenaica*, *Arabis bellidifolia*, *Myosotis nana*, *Gentiana nivalis*, *Achillœa nana*, *Linaria alpina.* Pas de culture.

2° *Région européenne*, ou des Ombellifères et des Crucifères, qui comprend l'Europe et le nord de l'Asie, depuis la limite de la région précédente jusqu'aux Pyrénées, aux Alpes, au Balkan, au Caucase, à l'Altaï, à la Daourie, et de plus la région moyenne des montagnes du sud de l'Europe.

Température moyenne : — 2° = + 11°.

Caractère. Ombellifères. Crucifères. Conifères. Amentacées. Graminées. Cypéracées. Champignons. Chicoracées. Cynarocéphales. Surtout en Asie : Halophytes (par exemple, *Salsola*, *Salicornia*, *Astragalus*).

Des prairies riantes, des bois à feuillage caduc, quelques bruyères. Arbres et arbrisseaux les plus abondants : *Pinus sylvestris*, *cembra*, *sibirica. Pinaster*, *Abies excelsa* et *pectinata*, *Larix europea*, *Juniperus communis*, *Betula alba*, *Alnus glutinosa* et *incana*, *Fagus*

sylvatica, Quercus pedunculata et sessiliflora, Carpinus Betulus, Castanea vesca, Salix, Populus Tremula, Corylus Avellana, Ulmus campestris, Erica vulgaris, Prunus spinosus, Sorbus aucuparia, Acer pseudoplatanus, platanoïdes et campestre, Tilla platyphylla et mycrophylla.

Dans la portion septentrionale de la région, il y a surtout des bois de conifères, de chênes et de hêtres, et de grandes cultures de céréales, surtout de seigle, tandis que dans la portion sud les conifères étant relégués dans les montagnes, les bois sont composés de châtaigniers, de chênes et de hêtres, et on y récolte beaucoup de froment, de maïs et de vin.

Plantes cultivées : Seigle, Orge (*Hordeum vulgare, hexastichon et distichon*), Avoine, Froment, Epautre (*Triticum spelta*), Maïs, Millet (*Panicum miliaceum*), Pomme de terre, Sarrasin.

Pommier, Poirier, Coignassier, Cerisier, Merisier, Prunier, Abricotier, Pêcher, Mûrier, Noyer, Vigne, Groseiller (*Ribes rubrum, grossularia, nigrum*), Fraisier, Melon.

Choux, Choux-raves, Radis, Moutarde, Pois, Haricots, Fèves, Lentilles, Epinards, Betterave, Concombre, Courge, Carvi (*Carum carvi*), Carotte, Houblon, Lin, Chanvre, Navet, Trèfle, Vesce, Luzerne, Ivraie (*Lolium perenne*).

3° *Région méditerranéenne*, ou des Labiées et des Cariophyllées.

Les pays qui entourent la mer Méditerranée; limités au nord par les Pyrénées, les Alpes, le Balkan, le Caucase; au sud par l'Atlas et les déserts de l'Afrique septentrionale; à l'orient par le Taurus. M. De Candolle en séparait, sous le nom de *région orientale*, les pays voisins de la mer Noire et de la mer Caspienne.

Température moyenne : + 10° = 18°.

Caractère. Labiées. Cariophyllées. Borraginées. Cistinées. Liliacées. La plupart des familles mentionnées dans la précédente région, mais devenant généralement moins abondantes, surtout les Cypéracées. On y voit des représentants des familles tropicales : Palmiers, Térébinthacées, Laurinées. Les familles qui s'accroissent vers l'équateur, deviennent plus abondantes que dans la région précédente, telles sont les Légumineuses, les Malvacées, les Solanées, les Euphorbiacées et les Urticées.

Adonis. Nigella. Trifolium. Medicago. Genista. Cytisus. Scabiosa. Anthemis. Achillæa. Verbascum. Narcissus.

Plusieurs arbres et arbrisseaux toujours verts. Plus de végétaux ligneux que dans la seconde région. Les prairies moins riantes. Flore d'hiver. Arbres et arbrisseaux les plus abondants : *Pinus Pinea*, *Pinaster*, *Halepensis*, *Laricio*, *Cupressus sempervivens*, *Juniperus phœnicea et macrocarpa*, *Quercus cerris*, *pedunculata et sessiliflora*, *Ilex Suber*, *Aegilops conifera et infectoria*, *Castanea vesca*, *Platanus orientalis*, *Alnus cordifolia*, *Corylus colurna*, *Ostrya vulgaris*, *Acer monspessulanum et neapolitanum*, *Pistacia terebinthus*, *Lentiscus*, *Ceratonia siliqua*, *Cercis Siliquastrum*, *Genista scoparia*, *Mespilus pyracantha*, *Prunus laurocerasus*, *Tamarix gallica et africana*, *Myrtus communis*, *Opuntia* (Cactus) *vulgaris*, *Viburnum minus*, *Arbutus Unedo*, *Erica arborea et scoparia*. *Rhododendron ponticum et maximum*, *Cistus*, *Phyllirea*, *latifolia et angustifolia*, *Ornus europæa et rotundifolia*, *Nerium Oleander*, *Rosmarinus officinalis*, *Ephedra distachia*, *Chamœrops humilis*, *Ruscus aculeatus*, *Smilax aspera*, *Tamus communis*, *Agave americana*.

Plantes cultivées : les mêmes que dans la région européenne, cependant les suivantes sont rares ou ne se trouvent que sur les contrées montagneuses : Seigle, Groseillers, Sarrasin et Houblon, et on doit y ajouter les suivantes : Riz, Sorgho (*Sorghum vulgare*), Millet (*Panicum italicum*), Figuier, Amandier, Pistachier, Citronniers, Limonniers, Bigaradiers, Orangers, Figuier de Barbarie (*Opuntia vulgaris*), Pastèques (*Cucurbita Citrullus*), Olivier.

Aubergines et Tomates (*Solanum Melongena* et *Lycopersicum*), Anis, Coriandre, Coton annuel (*Gossypium herbaceum*), Mûrier blanc, Safran, Sumac (*Rhus coriaria*), Lupin, Sainfoin (*Onobrychis sativa*).

1re *Obs.* Madère, les Açores et les Canaries doivent être réunies à cette région; cependant, leur flore se rapproche de celle de l'Afrique tropicale.

Les formes caractéristiques sont : *Sempervivum arboreum*, *canariense* et *tortuosum*, *Ilex Perado*, *Plocama pendula*, *Cacalia Kleinia*, *Sonchus fruticosus*, *Arbutus callicarpa*, *Ardisia excelsa*, *Ceropegia aphylla*, *Echium giganteum*, *Laurus fœtens*, *Euphorbia balsamifera*, et *canariensis*, *Myrica Faya*, *Pinus canariensis*.

2e *Obs.* Les parties les plus élevées des montagnes appartiennent à la première région, et les parties moyennes à la deuxième région.

4° *Région septentrionale de l'Amérique du nord*, ou des *Aster* et des *Solidago*.

L'Amérique septentrionale, depuis la limite méridionale de la première région jusqu'au 36°.

Température moyenne : — 10° = + 12°.

Caractères. Plus d'espèces de Conifères et d'Amentacées que dans la région n° 2, mais peu d'Ombellifères, de Crucifères, de Chicoracées, de Cynarocéphales. *Hydrastis. Sanguinaria. Hudsonia. Ptelea. Robinia.*

Gymnocladus. Purshia. Gillenia. Decodon. Oenothora. Clarckia. Ludwigia. Bartonia. Claytonia. Heuchera. Itea. Hamamelis. Mitchella. Aster. Solidago. Liatris. Rudbeckia. Galardia. Vaccinium. Andromeda. Kalmia. Sabbatia. Houstonia. Hydrophyllum. Phlox. Monarda. Dodecathcon. Dirca. Hamiltonia. Lewisia. Prillium. Medeola.

Arbres et arbrisseaux les plus abondants : *Pinus strobus*, *inops*, *resinosa*, *Banksiana*, *variabilis*, etc., *Abies balsamea*, *taxifolia*, *canadensis*, *nigra*, etc., *Larix pendula*, *Thuja occidentalis*, *Taxus canadensis*, vingt-cinq espèces de *Quercus*, *Fagus sylvatica* et *ferruginea*, *Castanea americana* et *pumila*; *Carpinus americana*, *Corylus americana* et *rostrata*, *Alnus glutinosa*, *crispa*, etc., *Betula nigra* et *papyracea*, *Salix*, vingt-sept espèces. *Populus balsamifera* et *monilifera*, *Myrica cerifera*, *Platanus occidentalis*, *Juglans nigra*, *cinerea*, *Ulmus americana*; *Fraxinus alba* et *nigra*, etc., *Ornus americana*, *Azalea viscosa*, *nitida*, etc., *Cornus florida*, *alba*, etc., *Cerasus pumila*, *nigra*, *Rhus typhina*, etc., *Ilex opaca*, *Evonymus americanus*, *Acer rubrum*, *dasycarpum*, *saccharinum*, etc., *Negundo fraxinifolium*, *Zanthoxylum fraxineum*, etc., *Tilia glabra*, *pubescens*, *Liriodendron tulipifera.*

Dans les portions septentrionales, jusqu'à 50 à 55° lat. sept., point de culture ; dans la partie méridionale, les mêmes plantes cultivées que dans la région européenne. La culture du Maïs plus abondante.

M. L. Beck voudrait reconnaître, dans l'immense bassin du Mississipi, une région intermédiaire entre celle de la partie atlantique de l'Amérique septentrionale et celle de la partie occidentale (1).

(1) Voyez *Trans. of the Albany Instit*, vol. 1, p. 10.

5° *Région méridionale de l'Amérique du nord*, ou royaume des *Magnolia*, s'étendant entre les 36° et 30° lat. sept.

Température moyenne : + 12° + 18°.

Caractère. Quelques rapprochements avec la végétation des tropiques. Cannées. Palmiers (*Chamærops*). *Yucca.* Cycadées (*Zamia*). *Laurus. Ipomœa. Bignonia. Asclepias.* Cactées (*Mammillaria. Opuntia*). *Rhexia. Passiflora. Cassia. Sapindus.*

Peu de Labiées, de Cariophyllées, d'Ombellifères, de Crucifères, de Chicoracées, de Géraniées; peu d'espèces des genres *Aster* et *Solidago*. Arbres à feuilles larges, luisantes et à grandes fleurs.

Magnolia. Liriodendron. Illicium. Asimina. Dionœa. Pavia. Gleditschia. Calycanthus. Oenothera. Rudbeckia. Kalmia. Houstonia, etc.

6° *Région chinoise et japonaise* de la partie tempérée orientale de l'ancien continent, royaume des Camélia et Celastrinées, composant le Japon et le nord de la Chine, 30 à 40° latit. sept.

Température moyenne : + 10° = + 16°.

Caractère. Magnolia. Nandina. Eurya. Camellia. Thea. Celastrus. Ilex. Evonymus. Bumalda. Hovenia. Kerria. Spirea. Gonocarpus. Lagerstrœmia. Aucuba. Bladhia. Dorcena. Elæagnus. Polygonum. Pollia.

Arbres et arbrisseaux les plus remarquables : *Rhapis flabelliformis*, *Pinus*, *Taxus nucifera*, *verticillata*, *Cupressus japonica et pendula*, *Juniperus virginiana*, *Thuya orientalis*, *Quercus glabra* et *glauca*, *Alnus japonica*, *Juglans nigra*, *Broussonetia papyrifera*, *Daphne odora*, *Laurus glauca*, etc., *Olea fragrans*, *Acea japonicum*, *septemlobatum*, etc., *Camellia japonica* et *Sasangua*, *Diospyros Kaki*, *Mespilus japonica.*

Plantes cultivées : Riz, Froment, Orge, Avoine, Sorgho, Coracana (*Eleusine coracana*), Sarrazin, Sagoutier, Choux-Caraïbe (*Caladium esculentum*), Patates, Pommier, Poirier, Coignassier, Prunier, Cerisier, Abricotier, Pêcher, Nefflier du Japon, différentes sortes d'Orangers, Melon, Thé, Choux, Raves, Radis, Concombre, Courges, Pastèques, Anis, Anis étoilé, Pois velus, Haricots, Pois, Fèves, Sésame, Chanvre, Mûrier à papier, Coton annuel.

7° *Région indienne*, ou royaume des Scitaminées, comprenant les deux presqu'îles des Indes jusqu'à une élévation de 4 à 5,000 pieds.

Température moyenne : $+ 15 = + 22°$.

Caractère. Les familles tropicales paraissent ou deviennent plus nombreuses. Palmiers. Cycadées. Scitaminées. Aroïdées. Artocarpées. Urticées. Euphorbiacées. Laurinées. Convolvulacées. Bignoniacées. Apocynées. Rubiacées. Légumineuses. Térébinthacées. Méliacées. Guttifères. Sapindacées. Buttnériacées. Malvacées.

Les familles non tropicales disparaissent ou se montrent plus rarement. Cypéracées. Conifères. Amentacées. Labiées. Borraginées. Synanthérées. Rosacées. Cariophyllées. Cistinées. Crucifères. Renonculacées.

Les genres les plus caractéristiques sont : *Uvaria*, *Grewia*, *Eriolæna*, *Garcinia*, *Buchanania*, *Crotalaria*, *Flemmingia*, *Butea*, *Jambosa*, *Gratiola*, *Tectona*, *Holmskioldia*, *Ficus*, *Phytocrène*, *Calamus*.

Les arbres ne perdent pas leurs feuilles. Le nombre des végétaux ligneux est plus grand qu'il n'est hors des tropiques. Des fleurs grandes et magnifiques ; beaucoup de plantes grimpantes ou de plantes parasites.

Plantes arborescentes les plus abondantes : *Dillenia ornata*, *Michelia Champaca*, *Bombax insignis*, *Sterculia*. *Pterocarpus santalinus*, *Mimosa acacia*, *Cassia*

fistula, *Bignonia*, *Tectona gracilis*, *Hamiltonia*, *Laurus cassia*, *Cinnamomum*, etc., *Myristica*, *Hernandia sinova*, *Ficus religiosa*, *indica*, *elastica*, etc., *Borassus*, *Cocos nucifera*, *Metroxylon Sagus*, *Calamus Rotang*, *rudentum*, *Draco*, *Areca Catechu*, *Taliera bengalensis*, *Dracœna draco*, *Pandanus odoratissimus*, *Bambus arundinacea*, *Flagellaria indica*.

Plantes cultivées : Riz, *Panicum frumentaceum*, Eleusine, Coracana, Sorgho, Igname, Pistache de terre, Cocotier, Tamarin, Manguier, Mangostan, Bananier, *Jambosa vulgaris*, et *malaccensis*, Goyavier, plusieurs Orangers (*Citrus aurantium*, *decumana*), Pastèques (*Cucurbita Citrullus*), Canne à sucre, Café, Girofle, Poivriers (*Piper longum*, *nigrum*, *Betel*, *Cubeba*), Gingembre, Cardamome, Curcuma, Pois velus (*Soya hispida*), Haricots, Dolics, Coton annuel et Indigo.

8° *Région émodienne*, comprenant les parties élevées de l'Indostan, ou les terrasses avancées des monts Himalaya, le Kamoon, le Népal et le Boutan, contrées exposées au midi, et entre 4 à 10,000 pieds d'élévation.

Température moyenne : $+ 15° = + 2°$ R.

Caractère. Les formes tropicales disparaissent ou s'abaissent. Palmiers. Cycadées. Scitaminées. Euphorbiacées. Solanées. Convolvulacées. Apocynées. Térébinthacées. Légumineuses. Malvacées. Anonacées.

Les formes extra-tropicales, notamment les formes européennes, paraissent ou deviennent plus abondantes que dans la région précédente. Ainsi Cypéracées. Amentacées. Conifères. Polygonées. Primulacées. Labiées. Ericinées (*Rhododendron*, *Andromeda*). Chicoracées. Ombellifères. Rosacées. Acérinées. Cariophyllées. Crucifères. Renonculacées.

Les Fougères et les Orchidées sont très nombreuses. Aux formes caractéristiques appartiennent encore : *Al-*

lium. Paris. Plantago. Veronica. Pedicularis. Campanula: Valeriana. Galium, etc.

Les arbres et arbrisseaux les plus importants sont : *Pinus excelsa, Abies Smithiana, Brunoniana, Quercus spicata, Betula utilis, Alnus nepalensis, Fraxinus floribunda, Salix disperma, japonica, Daphne Cannabina*, etc., *Eleagnus arborea*, etc., *Ligustrum nepalense*, etc., *Caprifolium japonicum, Viburnum fœtidum, Rhododendron arboreum, Ilex dipyrena*, etc., *Pyrus Pashia, Prunus undulata*, etc., *Rhus juglandiformis, Acer acuminatum*, etc., *Berberis asiatica*, etc., etc.

Végétaux cultivés : les grains et les fruits de l'Europe dans les parties basses, quelques végétaux des tropiques, Riz de montagne.

Les parties les plus élevées de l'Himalaya constituent peut-être une région particulière; ou peut-être aussi une partie de la région arctique alpine. Les formes alpines y sont dominantes. Quant aux autres grandes montagnes et aux plateaux de l'Asie centrale, ils nous sont inconnus sous le rapport de leur végétation.

9° *Région de la Cochinchine et de la Chine méridionale.* Contrées peu connues, et dont les formes végétales constituent le passage de la flore japonaise à la flore des Indes; si ces pays ne forment pas chacun une région spéciale, ils deviendront des provinces des deux régions susnommées.

10° *Région polynésienne*, comprenant les îles situées entre l'Indostan et la Nouvelle-Hollande, jusqu'à une élévation au-dessus de la mer de 5,000 pieds.

Température moyenne : + 15° = 23°.

Caractère. Analogue à celui de la région indienne, la plus grande différence consiste en un plus grand nombre d'Orchidées, surtout d'espèces parasites, et à formes

particulières, de Fougères et de Figuiers. Un rapprochement très marqué des formes de la Nouvelle-Hollande : *Melaleuca. Metrosideros.* Protéacées (*Heliophyllum*). On doit également rapporter aux formes caractéristiques : *Limalia. Lodoicea. Raflesia. Antiaris. Esenbeckia. Nomaphila. Hydrophytum. Aromadendron*, etc.

Arbres et arbrisseaux les plus abondants. Il y a des forêts vierges formées principalement par des espèces de *Ficus*, des Laurinées, des Calamées, des Bignoniacées. *Licualia speciosa, Lodoicea sechellarum, Broussonetia papyrifera, Artocarpus incisa, Antiaris toxicaria, Myristica, Ardisia, Tectona grandis, Strychnos, Tieute, Diospyros, Barringtonia speciosa* et *excelsa, Philagonia procera, Cissus, Calophyllum, Inophyllum, Elæocarpus, Esenbeckia altissima, Echinocarpus Sigun.*

Végétaux cultivés : les mêmes que dans la régions des Indes; de plus : Arbre à pain, Manioc, Muscadier, Camphrier, Papayer, Coton en arbre, Mûrier à papier et Chanvre.

La végétation de l'intérieur de l'île de Timor a offert des plantes africaines, et même des espèces identiques avec celles du Congo, mais, sur les côtes, la végétation est polynésienne.

11° *Région supérieure de Java.* Les régions les plus élevées (plus de 5,000 pieds au-dessus du niveau de la mer) de Java, et probablement aussi des autres îles voisines dont le sol est élevé.

Caractère. Cette région ressemble extrêmement à la région émodienne, et constitue peut-être avec elle une région unique. Les formes extra-tropicales viennent remplacer les formes des tropiques. Des forêts de Chênes au lieu de forêts de Figuiers. *Plantago. Lysimachia.*

Veronica. Gentiana. Swertia. Vaccinium. Gaultheria. Vireya. Thibaudia. Bellis. Gallium. Saprosma.

Arbres caractéristiques : *Podocarpus amara, imbricata, latifolia, bracteata, Agatis loranthifolia, Myrica javanica, Castanea javanica, argentea, Lithocarpus javensis, Engelhardtia spicata* et *rigida, Viburnum, Sambucus javensis, Mespilus.*

12° *Région océanique.* Les archipels de la mer du sud, sous les tropiques.

Température moyenne : + 18° = + 22°.

Caractère. Une flore pauvre et peu caractérisée ; plus de rapprochements avec l'Asie qu'avec l'Amérique ; quelques points de contact avec celle de la nouvelle Hollande (*Casuarina*, Protéacées. *Myoporum.* Epacridées. *Meloleuca.* Des Acacias sans feuilles). *Schiedea. Antholoma. Aporetica. Crossostylis. Cassia. Timonius. Kadua. Cyathostegia. Argophillum. Melodinus. Ascarinus.*

Arbres et arbrisseaux les plus remarquables : *Dracæna terminalis. Tacca pinnatifida, Pandanus odoratissimus, Corypha umbraculifera, Cupressus columnaris, Casuarina equisetifolia*, etc. *Vaccinium æreum, Lobelia arborea, Coffea kaduana*, etc., *Rhizophora Mangle, Mimosa Mangium, Clusia sessilis*, etc., *Aporetica pinnata, ternata, Commersonia echinata*, etc.

Végétaux cultivés, l'Arbre à pain, le Taro (*Caladium esculentum, sagittifolium*) l'*Arum macrorhizum*, le *Tacca pinnatifida*, le *Convolvulus chrysorhizus*, l'Igname (*Dioscorea alata*), le Carotier, le Bananier, l'*Inocarpus edulis*, le *Sterculia Balanghas*, des espèces de Figuiers (*F. aspera, granatum*), d'Orangers (*Citrus decumana*), le *Spondias dulcis*, le *Mimusops dissecta*, le *Terminalia glabra*, le *Cratæva religiosa*,

l'*Eugenia malaccensis*, le *Dracœna terminalis*, l'*Ava* (*Piper methysticum*), le Chou palmiste (*Areca oleracea*), le Mûrier à papier.

13° *Région de l'Arabie* ou des arbres à Baume, la partie montagneuse du S.-O. de la presqu'île de l'Arabie.

Caractère. Des formes tropicales, le plus généralement indiennes.

Genres caractéristiques : *Stroemia. Mœrua. Senra. Oncoba. Caucanthus. Geruna. Balsamadendron. Cadia. Orygia. Simbuleta.* Quelques points de contact avec la flore du sud de l'Afrique (*Stapelia*, *Hœmanthus*).

Arbres et arbrisseaux les plus abondants : *Pandanus odoratissimus, Ficus sycomorus, salicifolia, populifolia, palmata, serrata, etc., Avicennia tomentosa, Coffea arabica, Balsa modendron gileadense, Opobalsamum, Kataf*, etc., *Celastrus edulis et Grewia populifolia, etc.*

Végétaux cultivés, Sorgho, Orge, Maïs, Colocase (*Arum colocasia*), Dattier, Bananier, Cocotier, Tamarin, Liguier, Papayer, Pêcher, Abricotier, Prunier, Pommier, Coignassier, Vigne, Café, Canne à sucre, Gingembre. Coton en arbre, Indigo.

Radis, Epinard. Courge et Dolic.

14° *Région des déserts.* Le nord de l'Afrique au sud de l'Atlas et de la mer méditerranée, entre le 15 = 30° de latitude ; la partie septentrionale de l'Arabie.

Température moyenne : + 18° = + 24°.

Caractère. Une flore extrêmement pauvre. Point de familles ou de genres caractéristiques, mais les espèces suivantes : *Pennisetum dichotomum. Phœnix dactylifera. Cucifera Thebaica. Euphorbia mauritanica. Acacia nitolica, arabica, gummifera. Senegal. Cassia obovata, singueana. Alhagi maurorum. Mimosa Hab-*

bas. Zygophyllum simplex, album. Fagonia arabica.

Il n'y a de culture que dans les oasis, ce sont principalement le Dattier, le Sorgho, le Froment, l'Orge et quelques fruits du sud de l'Europe et des Indes.

15° *Région de l'Afrique tropicale.* L'Afrique, depuis le 15° lat. sept. jusqu'au tropique du Capricorne, en exceptant l'Abyssinie et les pays élevés vers le centre. (L'intérieur de l'Afrique et la côte orientale sont très imparfaitement connus.)

Température moyenne : + 18 = 24° R.

Caractère. La flore n'est riche ni en espèces ni en formes particulières. Les Légumineuses, les Rubiacées, les Cypéracées très abondantes; peu de Palmiers, de Fougères, de Scitaminées, de Pipéracées, de Passiflorées.

Adansonia. Melhansia. Christiania. Pentadesma. Napoleana. Parkia. Hoslundia. Thonningia.

Arbres et arbrisseaux les plus remarquables : *Anona senegalensis, Cadaba farinosa, Cratæva Adansonii, Capparis edulis, Bombax pentandrum, guineense, Adansonia digitata, Sterculia acuminata, Grewia carpinifolia, Acacia, Cassia occidentalis, Pterocarpus esculentus, Parkia africana, Bignonia tulipifera, Avicennia africana, Euphorbia, Elais guineensis, Raphia vinifera, etc.*

Végétaux cultivés, Maïs, Riz, Sorgho (*S. vulgare et saccharatum*), Gussub (*Panicum*), *Igname* (*Dioscorea alata et sativa*), Manioc, *Caladium esculentum*, Papayer, Ananas, *Eleais guineensis*, *Anacardium occidentale*, *Ficus*, *Tamarin*, Citronnier, Café, Canne à sucre (*Saccharum officinarum et punctatum*), Gingembre, Cardomome, Graine de paradis (*Amomum Granum paradisi*), espèces de Haricots et de Dolics (*Phaseolus vulgaris et Dolichos oleraceus*), Pistache de

terre (*Arachis hypogœa*) *Solanum edule*. Coton, Tabac.

Obs. La flore de l'Abyssinie est inconnue, et celle de Madagascar et des îles voisines est peu connue.

16° *Région du Mexique*, ou des Cactus et des Pipéracées. Mexico et l'Amérique du sud, jusqu'à la rivière des Amazones et jusqu'à une hauteur de 5,000 pieds au-dessus du niveau de la mer; 0—30 lat. sept.

Température moyenne : + 16° = + 23°.

Caractère. Familles caractéristiques : Broméliacées. Piperacées. Passiflorées. Cactées. Beaucoup de familles tropicales. Euphorbiacées. Convolvulacées. Apocynées. Rubiacées.

Familles tropicales qui se trouvent ici, en moins grande abondance que dans d'autres pays situés sous les tropiques : Fougères. Scitaminées. Orchidées. Myrtacées. Légumineuses. Terébinthacées. Aurantiacées. Tiliacées. Malvacées.

Des familles extratropicales apparaissent, ou deviennent plus abondantes : Labiées. Ericinées. Campanulacées. Rosacées. Caryophyllées. Cruciféres. Renonculacées.

Genres caractéristiques. *Phytelephas. Kunthia. Galactodendron. Podopterus. Salpianthus. Russelia. Lagascea. Gronovia. Inga. Thouinia. Lacepedea. Theobroma*, *Guazuma*.

Végétaux ligneux les plus abondants : *Cyathœa speciosa*, etc., *Meniscium arboreum*, *Agave americana*, *Yucca acaulis*, *Cocos nucifera*, *butyracea*, *Mauritia flexuosa*, *Martinezia caryotifolia*, *Chamærops Mocini*, *Cecropia peltata*, *Avicennia tomentosa*, *Cordia dentata*, *Melocactus*, *Opuntia*, *Melastoma*, *Bauhinia splendens*, etc., *Hœmatoxylon campechianum*, *Cœsalpinia cassioïdes*, *Acacia cornigera*, etc., *Mimosa*, *Bonplandia trifoliata*, *Swietenia Mahagoni*.

Végétaux cultivés : Maïs, Sorgho, Manioc, Igname (*Dioscorea alata*), Patate (*Convolvulus Batatas*), Bananier, Manguier, Corossol (*Anona muricata, squamosa*), Goyavier, Cocotier, Papayer, Avocatier (*Persea gratissima*), Ananas (*Bromelia Ananas*), Noix d'acajou (*Anacardium occidentale*), Tamarin, différens Citronniers ou Orangers, Passiflore, Vigne, Raquette (*Opuntia vulgaris*), *Jambosa vulgaris*, Cacaotier, (*Theobroma Cacao*) Vanille, Caffeyer, Canne à sucre, *Lycopersicum Humboldtii*, Piment ligneux et annuel (*Capsicum frutescens* et *annuum*), *Cajanus flavus*, Pistache de terre (*Arachis hypogaea*), Raquette à Cochenille (*Opuntia coccinellifera*), Tabac, Coton.

17° *Région élevée du Mexique*. Le Mexique à une hauteur de 5,000 pieds et plus.

Température moyenne : + 15° = + 21°.

Caractère. Les formes tropicales, telles que : Fougères arborescentes, Palmiers, Pipéracées, Euphorbiacées, Mélastomées, Passiflorées s'éteignent ou diminuent.

Les formes extratropicales paraissent ou deviennent plus abondantes : Amentacées (*Salix*, *Quercus*). Conifères (*Pinus*, *Cupressus*). Labiées (*Salvia*, *Stachys*, *Marrubium*). *Pedicularis*. *Anchusa*. *Myosotis*. *Polemonium*. Érinicées (*Vaccinium*, *Arbutus*, *Arctostaphylos*). Les Synantherées s'accroissent considérablement : *Valeriana*. *Galium*. *Cornus*. *Caprifolium*. Ombellifères. Rosacées (*Amygdalus*, *Mespilus*, *Rosa*, *Potentilla*). Cariophyllées (*Arenaria*). Crucifères (*Draba*). Renonculacées (*Anemone*, *Ranunculus*).

Genres caractéristiques : *Mirabilis*. *Maurandia*. *Leucophyllum*. *Hirtzia*. *Georgina*. *Zinnia*. *Schkuhria*. *Ximenesia*. *Lopezia*. *Vauquelinia*. *Choisya*. *Cheirostemon*.

Arbres et arbrisseaux les plus abondants : *Pinus occidentalis*, *Abies hirtella*, *Cupressus thurifera*, *sabinoïdes*, *Taxodium distichum*, *Quercus*, *Salix Bonplandiana*, *paradoxa*, *Arbutus mollis* etc., *Vaccinium stamineum*, *confertum*, *Rosa Montezumæ*, *Mespilus pubescens*, *Amygdalus microphylla*.

Végétaux cultivés. Le Maïs, les grains et les fruits de l'Europe.

Observation. Dans les régions les plus élevées des contrées montagneuses, la flore prend un caractère alpin. On y voit : *Cyperus toluccensis*, *Chelone gentianoides*, *Cnicus nivalis*, *Ageratum arbutifolium*, *Senecio procumbens*, *Potentilla ranunculoïdes*, *Lupinus elegans* et *montanus*, *Arenaria bryoïdes*.

18° *Région tropicale basse de l'Amérique*, ou des Cinchona. Les Andes entre le 20° lat. mérid. et le 5° lat. sept., à une hauteur de 5 à 9000 pieds.

Température moyenne : + 12° = + 16°.

Caractère. Les formes extratropicales apparaissent ou deviennent plus abondantes : Graminées. Amentacées (*Quercus*, *Salix*). Labiées (*Salvia*, *Stachys*, *Scutellaria*). *Anchusa*. *Myosotis*. *Swertia*. Ericinées. Synanthérées (très nombreuses). Caprifoliacées (*Viburnum*, *Sambucus*). Ombellifères (*Ferula*, *Ligusticum*). Rosacées. Crucifères. Renonculacées. Au contraire quelques formes tropicales s'éteignent ou deviennent plus rares ; cependant des espèces isolées de Palmiers, de Pipéracées, de Cactées, de Passiflores et de Mélastomées s'élevant encore à une hauteur notable.

Lilæa. *Cervantesia*. *Oreocallis*. *Lachnostoma*. *Gaylussaccia*. *Stevia*, *Flaveria*, *Pagetes*. *Cinchona*. *Espeletia*. *Guilleminea*. *Loasa*. *Negretia*, *Amicia*. *Perrottetia*. *Dulongia*. *Laplacea*. *Frezieria*. *Abatia*. *Monnina*.

Végétaux ligneux les plus abondants : *Oreodoxa frigida, Ceroxylon andicola, Salix Humboldtiana, Quercus Humboldtiana, tolimensis* etc. *Ficus velutina, Persea lævigata*, etc. *Ocotea mollis*, etc. *Vaccinium carasanum, Andromeda bracamorensis, Befaria glauca*, etc. *Cinchona Condaminea, cordifolia, oblongifolia, lancifolia*, etc., *Mannia elliptica*, etc., *Rubus floribundus, Ilex bumelioïdes* et *myricoïdes*.

Végétaux cultivés. Les plantes cultivées entre les tropiques mentionnées au N° 15, disparaissent presqu'entièrement. Cependant le Maïs et le Café sont encore cultivés dans cette région ; on y cultive également les grains et les fruits d'Europe, les Pommes de terre et le *Chenopodium Quinoa*.

19° *Région du plateau des Andes du Pérou*, des Esallonies et des Calcéolaires. Les Andes entre le 20° lat. mérid. et le 5° lat. sept. à 9,000 pieds sur la mer.

Température moyenne : + 12° = + 1°.

Caractère. Les formes tropicales ont presque entièrement disparu, cependant on trouve encore les genres *Tillandsia. Oncidium. Peperomia. Rhexia. Passiflora*. Au contraire, les flores qui caractérisent les températures froides, et les zones polaires deviennent abondantes.

Lichens. Mousses. *Carex. Luzula. Alnus. Rumex. Plantago. Gentiana. Swertia. Vaccinium. Campanula. Cacalia. Senecio*. Ombellifères. *Valeriana. Saxifraga. Ribes. Rubus. Alchemilla*. Cariophyllées (*Sagina, Arenaria, Cerastium, Stellaria*). Crucifères (*Draba, Arabis*).

Familles les plus abondantes : Synanthérées. Graminées. Ericinées. Pas de grands arbres.

Genres caractéristiques : *Deyauxia. Tiridia. Gardoquia. Calæolaria. Thibaudia. Lysipoma. Barnadesia*,

Homanthis. Chuquiruga. Wernera. Pectophytum. Klaprothia, etc.

Arbrisseaux les plus remarquables : *Alnus ferruginea*, etc., *Vaccinium acuminatum, empetrifolium*, etc., *Thibaudia rupestris*, etc., *Ribes frigidum, Escallonia myrtilloïdes, tortuosa Ilex, scopulorum.*

20° *Région des Indes occidentales.*

Température moyenne : + 12° = + 21°.

Caractère. La flore de cet Archipel se rapproche de celle du continent, mais s'en distingue principalement (comme celle de la Polynésie de celle des Indes), par la grande quantité de Fougères et d'Orchidées. Outre ces familles, les genres suivants appartiennent aux formes caractéristiques : *Thrinax. Epistylium. Alchornea. Tanaicium. Tetranthus. Catesbæa. Belonia. Portlandia. Picrammia. Legnotis. Lithophila. Valentinia. Hypelate.*

Parmi les végétaux ligneux les plus remarquables, on doit citer les suivants : *Cocos nucifera, Pinus occidentalis, Laurus, Melastoma, Myrtus, Sterculia, Uvaria.* La culture est la même que celle de la région N° 15.

21° *Région du Brésil*, ou des Palmiers et des Mélastomées. Le Brésil ou l'Amérique du sud, à l'orient des Andes, entre l'équateur et le tropique du Capricorne.

Température moyenne : + 12 = + 23°.

Caractère. C'est probablement la partie du globe où la végétation se montre avec le plus d'abondance et de variété. Riche en genres et en espèces; grande dimension des individus ; forêts vierges impénétrables. Grand nombre de plantes grimpantes et parasites.

Comme caractéristiques, nous nommerons les familles suivantes, quoiqu'elles ne lui soient point particulières : Palmiers. Hæmodoracées. Gesneriées. Mélastomées. Sapindacées. La famille des Vochisiées lui est propre. Quant

aux genres particuliers, ils sont trop nombreux pour pouvoir être cités ici. Parmi les plus nombreux en espèces se trouvent : *Vellosia*, *Barbacenia Manihot*, *Franciscea*, *Ditassa*, *Lychophora*, *Diplusodon*, *Kielmeyera*, *Sauvagesia*, *Lavradia*.

Genres et espèces caractéristiques suivant différentes circonstances de végétation.

Dans les forêts vierges : Différents genres de Palmiers. *Thoa*. *Ficus*. *Cecropia*. *Anda*. *Rhopala*. *Myristica*. *Bignonia*. *Theophrasta*. *Stiftia*. *Oxyanthus*. *Coutarea*. *Psychotria*. *Bertiera*. *Feuillea*. *Carica*. *Myrtus*. *Gustavia*. *Lecythis*. *Bertholletia*. *Melastoma*. *Trattinickia*. *Cupania*. *Banisteria*. *Calophyllum*, *Lebretonia*, etc.

Dans les bois de Catingas (les arbres perdant leurs feuilles à l'époque des sécheresses) : *Jatropa*. *Acacia*. *Mimosa*. *Cæsalpinia pubescens*. *Thryallis brasiliensis*. *Bombax*. *Briodendron*. *Pourretia ventricosa*. *Capparis lineata*. *Anona obtusifolia*.

Dans les Campos (contrées ouvertes, privées d'arbres) : *Paniceæ*. *Amaryllis*. *Alstrœmeria*. *Vellosia*. *Barbacenia*. *Burmannia*. *Stelis*. *Rhopala*. *Laurus*. *Ocotea*. *Gomphrena*. *Lantana*. *Echites*. *Gesneria*. *Baccharis*. *Vernonia*. *Mikania*. *Stevia*. *Melastoma*. *Rhexia*. *Gaudichaudia*. *Sauvagesia*. *Lauradia*. *Plectranthera*.

Sur les côtes de la mer : *Cocos schizophylla*. *Diplothenium maritimum*. *Eriocaulon*. *Xyris*. *Avicennia tomentosa*. *Rizophora*. *Mangle*. *Conocarpus erectus*. *Bucida buceras*.

Culture à peu près la même que dans la région n° 15. En outre le thé.

22° *Région du Brésil austral et des Pampas*, ou des Synantherées ligneuses. L'Amérique du sud à l'orient des Andes, depuis le tropique du Capricorne jusqu'au 40° lat. mérid.

Température moyenne : + 12 = + 19°.

Caractère. Les formes tropicales diminuent ou disparaissent, et des formes extratropicales, surtout des formes européennes paraissent à leur place. Renonculacées. Crucifères. Hélianthèmes. Cariophyllées. *Lathyrus. Galium. Teucrium. Plantago. Carex.* Quelques-unes de l'Afrique méridionale : *Polygala. Oxalis. Gnaphalium.* Plus de la moitié des genres se trouvent également en Europe et dans cette contrée. Beaucoup de Synantherées, dont plusieurs sont ligueuses : *Larrea. Hortia. Diposis. Acicarpha*, etc.

Cette région est principalement formée par des plaines unies (*Pampas*) dans lesquelles abondent des graminées et des chardons.

Culture. la plupart des plantes de l'Europe. Le Froment, la Vigne et le Pêcher.

Obs. Dans le Chili, il y aura probablement plusieurs régions à distinguer, les contrées les plus élevées appartiennent peut-être à la région n° 18.

23° *Région Antarctique* ou *des Terres Magellaniques.*

La partie occidentale et méridionale de la Patagonie, la Terre de Feu et les îles Falkland.

Température moyenne : + 4° = + 7°.

Caractère. Une grande analogie avec la Flore du nord de l'Europe (région n° 11). Les formes tropicales ont complètement disparu. Familles les plus abondantes: Synanthérées. Graminées. Cypéracées. Mousses et Lichens. On y trouve aussi en grande abondance : Renonculacées. Crucifères. Cariophyllées. Rosacées et Ombellifères. Les deux tiers des genres se trouvent également en Europe. De faibles points de contact avec le sud de l'Afrique : *Gladiolus. Witsenia. Galaxia. Crassula ;* et avec la Nouvelle-Hollande : *Embothrium. Ourisia. Stylidea. Mniarum.*

Genres caractéristiques : *Gaimardia. Astelia. Callixene. Philesia. Boca. Calceolaria. Donatia*, etc.

Végétaux ligneux les plus abondants : *Fagus antarctica, Salis magellanica, Andromeda myrsinites, Ribes magellanicum, Myrtus nummularia, Berberis ilicifolia, inermis*, etc., *Drymis Winteri*. Point de culture.

24° *Région de l'Afrique méridionale*, ou des *Stapelia* et des *Mesembryanthemum*.

Le sud de l'Afrique depuis le tropique jusqu'au 25° de latitude australe.

Caractère. Une flore riche en formes, mais peu riante, point de forêts grandes et sombres, et peu de plantes grimpantes, etc. Beaucoup de plantes grasses. Familles caractéristiques : Restiacées. Iridées. Protéacées. Ericinées. Ficoïdées. Bruniacées. Diosmées. Géraniées. Oxalidées. Polygalées. Genres : *Restio. Ixia. Gladiolus. Moraea. Watsonia. Haemanthus. Strumaria. Agapanthus. Eucomis. Massonia. Strelitzia. Aphyteia. Passerina. Gnidia. Protea. Leucodendron. Leucospermum. Serruria*. Plusieurs genres de Protéacées. *Stilbe. Selago. Stapelia. Erica. Gnaphalium. Elischrysum. Stobaea. Pteronia. Osteospermum. Tarchonantus. Relhatus. Gorteria. Arctotis. Othonna. Stœbe. OEdera. Anthospermum. Mesembryanthemum. Vahlia. Liparia. Borbonia. Lebeckia. Raffnia. Brunia. Diosma. Pelargonium. Oxalis. Sparmania. Muraltiæ. Penaea.*

Formes les plus abondantes.

Sur les côtes sablonneuses : *Stapelia*. Iridées. *Mesembryanthemum. Restio. Diosma.*

Sur les montagnes : *Erica. Crassula*. etc. Sur les plaines sèches et élevées : *Acacia capensis. Giraffæ*, etc. *Euphorbia mauritanica, tenax. Poa spinosa, Mesem-*

bryanthemum. Aloe. Iridées, mais point de Protéacées. *Erica.* Diosmées. *Restio.*

Autres espèces remarquables : *Hæmanthus coccineus. Amaryllis toxicaria. Testudinaria montana* et *Elephantopus. Podocarpus elongatus. Salix gariepina. Protea mellifera*, etc. *Laurus bullata. Olea similis. Tarchonantus camphronatus. Stoebe Rhinocerotis. Crassula coccinea. Portulacaria afra. Mesembryanthemum edule* et *turbiforme. Metrosideros augustifolia. Acacia elephantina. Zizyphus bubalina. Calodendron capense.*

Végétaux cultivés : les céréales, les fruits et les légumes de l'Europe; en outre, le Sorgho des Caffres, la Patate, le Bananier (*Musa paradisiaca*), le Tamarin, le Goyavier (*Psidium pomiferum*), le *Citrus Decumana.*

Obs. La flore de Madagascar et des îles voisines semblerait se détacher de cette région par ses caractères intermédiaires entre celle de l'Afrique et de l'Archipel indien. Cette particularité est d'autant plus remarquable que ces dernières îles ont une flore et une faune en partie différente de l'Indostan, et certaines grandes espèces de mammifères (*Rhinocéros*) se rapprochent plus des espèces africaines que des espèces asiatiques.

25° *Région de la Nouvelle-Hollande*, au-delà des tropiques et de la terre de Van-Diémen, ou des *Eucalyptus* et Epacridées.

Température moyenne : + 9° = + 18°.

Caractères. Une des flores les plus riches et les plus remarquables, quoique la végétation n'y soit pas d'une grande abondance. Les familles et les genres caractéristiques sont : *Xelos. Xanthorraea. Pterostyles.* Casuarinées. *Leptomeria. Pimelea.* Protéacées. (*Banksia, Hakea, Persoonia, Grevillea, Dryandra*, etc.). Myoporinées. *Westringia. Logania. Mitrasane.* Épacridées. *Epacris. Leucopogon. Styphelia. Stackhousia. Scæ-*

vola. Goodenoviées. Stylidées. *Eucalyptus*. *Melaleuca*. *Leptospermum*. *Acacias* sans feuilles. *Platylobium*. *Bossiaea*. Diosmées (*Boronia*, etc.). Pittosporées. Trémandrées. *Pleurandra*. *Hibbertia*.

Arbres et arbrisseaux les plus abondans. Les trois quarts des bois sont formés par des espèces d'*Eucalyptus*, dont le nombre s'élève à plus de cent. Viennent ensuite les Protéacées, les Épacridées, les Diosmées, les Casuarinées ; des bois et des buissons d'Acacias. On trouve des arbres à feuillages aciculaires : *Araucaria excelsa*, *Podocarpus spinulosus*.

Végétaux cultivés dans les colonies européennes. Les fruits et les légumes d'Europe.

Obs. La partie de la Nouvelle-Hollande située sous les tropiques n'a pas été parcourue, la flore n'en est pas aussi particulière, et peut-être n'est-ce qu'une province de la région polynésique.

26° *Région de la Nouvelle-Zélande*.

Les deux îles de la Nouvelle-Zélande.

Climat tempéré.

Caractères. Les formes tropicales disparaissent ou se montrent rarement. La moitié des genres appartient à l'Europe. Les points de contact avec la flore de la Nouvelle-Hollande : *Pimelia*. *Myoporum*. *Epacris*. *Styphelia*. *Cassina*. *Melaleuca*. Avec celle de l'Afrique méridionale : *Restio*. *Gnaphalium*. *Xeranthemum*. *Petragonia*. *Mesembryanthemum*. *Oxalis*. Avec la région antarctique : *Mniarum*. *Fuchsia*. *Acæna*. *Drymis*. Beaucoup de Fougères. *Phormium*. *Pennantia*. *Knigthia*. *Forstera*. *Sahaia*, *Griselinia*. *Melicope*. *Dicera*. *Plagianthus*. *Melicytus*.

Espèces caractéristiques : *Cyathea medullaris*. *Gleichenia furcata*. *Dracæna indivisa* et *australis*. *Phormium tenax*. *Areca sapida*. *Knigthia excelsa*. *Avicen-*

nia resinifera. Andromeda rupestris. Epacris juniperina. Melaleuca, etc.

Végétaux cultivés : *Caladium esculentum, Convolvulus chrysorhizus*, le Lin de la Nouvelle-Zélande (*Phormium tenax*), Mûrier à papier.

Obs. Cette végétation ressemble le plus à celle des côtes méridionales de la Nouvelle-Hollande, néanmoins il y a quelques genres qui lui sont communs avec la côte du Chili.

En venant à examiner ces vingt-six régions en détail, on y aperçoit des groupements assez distincts pour l'établissement de *sous-divisions* en *provinces*, et surtout en différentes zones végétatives en hauteur. Ainsi, dans la région européenne, M. Schouw a distingué la flore de la partie septentrionale ou des Cichoracées de celle de la Sibérie, et d'une partie de la Russie ou province des Astragales, des Halophytes et des Cynarocéphales. Dans la région méditerranéenne, il a établi la province des Cistes pour l'Espagne et le Portugal; celle des Scabieuses et des Sauges pour la France méridionale, l'Italie et la Sicile; celle des Labiées à fruits pour le Levant et l'Asie-Mineure; celle de l'Afrique septentrionale; celle des *Sempervivum* pour la côte N.-O. de ce continent, y compris les Açores, les Canaries, et peut-être Madère.

M. Lessing place dans l'Oural la limite des plantes asiatiques et européennes, et il a reconnu deux végétations bien distinctes dans cette chaîne et dans les steppes qui la bordent au sud. Dans l'Oural, il n'y a point de Chénopodées et de Plumbaginées, et dans les steppes point de Conifères et presque point d'Orchidées.

M. L. Beck a opposé habilement les deux végétations des États-Unis atlantiques avec celle de la vallée du Missisipi, où les forêts prennent un autre caractère, par les

Celtis crassifolia, *Acer negundo*, *Quercus macrocarpa*, plusieurs espèces d'*Aesculus*, *Juglans olivæformis*, *Cercis canadensis*, etc.

Dans l'Amérique méridionale, MM. de Humboldt et Saint-Hilaire, ont bien décrit les végétations différentes des pays de savanes, de campos et des forêts.

Outre cela *certaines plantes ne se montrent que dans quelques portions de chaque région ou de chaque province*, si leur nombre n'est pas assezconsidérable pour former un royaume, ou qu'elles sont associées avec une trop grande quantité d'autres végétaux qui ont une distribution bien plus vaste; néanmoins leur dissémination est importante à observer sous le rapport géologique. Ainsi, par exemple, dans les îles britanniques, la France et la Péninsule ibérique, quelques plantes ne se trouvent que dans la portion occidentale ou atlantique, et plusieurs de ces végétaux traversent ainsi depuis l'Ecosse jusqu'en Portugal, un grand nombre de degrés de latitude, sans entrer dans l'intérieur de l'Europe.

Bien des circonstances naturelles dénotent, dans cette partie du globe, des terres très anciennement émergées et plus liées ensemble qu'elles ne le sont actuellement.

Certaines plantes de l'Europe sud-est ne s'avancent que jusqu'au pied occidental des Carpathes, en Autriche; six plantes de l'Oural s'étendent jusqu'en Hongrie et en Transylvanie, etc. Certaines plantes sont particulières à des groupes de montagnes; ainsi, l'Oural méridional et le Caucase ont chacun leur végétation.

§ II. Zones de végétation en hauteur.

Lorsqu'on vient ensuite à comparer les *végétations d'après les hauteurs absolues qu'elles occupent*; on trouve à établir, dans plusieurs pays, différentes *zones* et

à mettre en parallèle certains plateaux ou des élévations d'une contrée avec certaines terrasses ou montagnes d'une autre.

Ainsi si la flore alpine de l'Europe centrale et méridionale a des rapports nombreux avec la région botanique hyperboréenne, cependant M. Schouw trouve à distinguer la première comme une province de Primulacées et de *Phyteuma* relativement à la dernière, qui serait, à l'exception de la zone la plus élevée, une province de *Carex*. De même la région de l'Asie centrale se sous-divise en plusieurs zones, dont la supérieure se rapproche beaucoup de celle de l'Europe et de l'Asie septentrionale, tandis que dans la moyenne dominent les Mélastomes, les Orchidées et les Fougères.

La région de l'Amérique méridionale, entre les tropiques, comprend deux zones bien distinctes, celle des parties basses qui forme le royaume des Cinchona, pour M. Schouw, et celle des plateaux ou portions élevées, le royaume des Escallonies, des Vaccinées et des *Wintera*.

Les Montagnes Rocheuses ont, à une certaine élévation, une végétation assez analogue à celle de la Sibérie et des Alpes d'Europe, tandis que sur leurs deux versants viennent se terminer deux végétations dissemblables.

Je vais donner maintenant des *indications pour guider les voyageurs dans l'estimation des hauteurs, au moyen de la végétation*. Les neiges perpétuelles, les limites des arbrisseaux et celles des arbres établissent les premières délimitations; à l'ordinaire on appelle région alpine, celle comprise entre les neiges perpétuelles et la limite des arbres, et on trouve à la partager en deux ou trois zones. Plus bas, une région subalpine est formée par cette partie où les arbres se rabougrissent et disparaissent peu à peu. Enfin, les plantes cultivées amènent encore

d'autres divisions intéressantes, quoique naturellement différentes pour chaque chaîne de montagnes.

En *Laponie*, sous 64° à 71°, M. Wahlemberg, dans sa flore, publiée en 1812, distingue quatre régions, savoir :

1° Celle des forêts mal divisée en trois, une partie inférieure à *Pinus abies*, *Trifolium pratense*, *Convallaria majalis*, *Nymphæa alba*, etc. (h. 0 à 500 p.), l'autre moyenne où ces dernières petites plantes manquent (h. 5 à 800 p.), et la dernière, la région des Pins où le sapin n'existe plus (h. 8 à 1,200 p.);

2° La région subalpine ou des Bouleaux, dans laquelle d'autres arbres ne viennent pas (h. 1,200 à 1,800 p.);

3° La région alpine inférieure ou du Bouleau nain (h. 1,800 à 2,500 p.);

4° La région alpine supérieure (h. 2,500 à 3,300 p.).

Dans la *partie méridionale de la Scandinavie*, entre 60° et 61° de lat., on peut distinguer les mêmes quatre régions, savoir :

1° Celle des forêts ou des Pins (h. 0 à 2,400 p., et sur le versant oriental des Alpes de Norwège, 2,800 p.);

2° La région des Bouleaux (h. 2,400 à 3,200, et sur le versant oriental 3,600, tandis que près de la mer, elle ne s'étend pas au-delà de 1,900 pieds);

3° La région du Bouleau nain (h. 3,200 à 3,800 p.);

4° La région alpine supérieure (h. 3,800 à 5,100, et sur le versant oriental 5,500) (1).

En Ecosse, les montagnes les plus élevées n'atteignent que 3,600 à 3,800 pieds, et une seule atteint 4,100 pieds.

---

(1) Voy. Chr. Smith. *Nogle Jugtlagelser, etc, dans Topographisk statistifke Samlinger*, vol. 2¹, cah. 2, et le voyage en Norwège, de M. De Buch.

On n'y reconnaît que les régions alpine (h. 1,800 ou 2,000 à 3,800 pieds), et subalpine (h. 800 à 2,000 p.), celle des cultures et la zone maritime (1).

Les plantes caractéristiques de la région alpine sont le *Silene aculis*, *Azalea procumbens*, *Salix herbacea et reticulata*, *Gnaphalium alpinum*, *Sibbaldia procumbens*, *Cardamine petræa*, *Cochlearia groenlandica*, *Saxifraga nivalis*, *Cherleria sedoïdes*, *Dryas octopetala*, etc. Pour la région subalpine, on peut citer : *Eriophorum alpinum*, *Ribes alpinum*, *Arbutus alpina*, *Trifolium alpestre*, *Myrica gale*, *Vaccinium Myrtillus et Vitis idæa*, etc.

En *Angleterre*, où aucune montagne n'atteint 4,000 p. on a, à peu de chose près, les mêmes zones de végétation, si on excepte toutefois la partie tout-à-fait méridionale. Entre 1,000 et 1,500 pieds on trouve des chênes, des aulnes, l'*Ilex aquifolium*; entre 2,000 et 2,500 pieds les plantes suivantes : *Silene acaulis*, *Blechnum boreale*, *Anemone nemoralis*, *Arbutus Uva ursi*, *Saxifraga oppositifolia*, *Rubus chamœmorus*; entre 2,500 à 3,000 pieds végète l'*Alchemilla alpina*, etc. (2).

Dans l'*Europe centrale*, comprenant sous cette dénomination la France septentrionale et orientale, la plus

---

(1) Voy. ma *Dissert. inaug. de methodo floram regionis cujus dam conducendi exemplis e flora scotica*, etc., *ductis illustrata*. Edimbourg. 1817, in-8°. *Outlines of the geographical distribution of british plants*, etc.; par M. Watson, London, 1833, 8.

(2) *Essay on the Geographical distribution of plants through the counties of Northumberland, Durham*, etc. ; par M. Winch. Newcastle, 1819, 8°; *Flora Devoniensis*, etc. ; par MM. Jones et Kingston. Londres, 1830, 8°, sur la géographie des plantes du Yorkshire ; par M. Atkinson (*Mem. of the Werner. Soc.*, vol. 5, part. 1, p. 277).

grande partie de l'Allemagne, y compris la Bohême et la Silésie, le pays de plaine est dominé par une région de bois de sapins et de pins, et dans les localités dépassant la hauteur de 3,000 pieds, il y a une région alpine habitée environ par 360 espèces de plantes phanérogames, y compris les fougères.

Au *Harz*, les bois de hêtres ne dépassent guère 1,400 à 1,500 pieds et abondent surtout sur le côté est et sud. Le *Pinus abies* forme une zone depuis ce point jusqu'à un niveau de 2,300 pieds, et se trouve surtout sur le sol de la grauwacke. La *Digitalis purpurea* et *Epilobium latifolium* accompagne, surtout au Harz et dans le Thuringerwald, les bois du *Pinus sylvestris et picea*. On y observe aussi l'*Arnica montana* et le *Taxus baccata* sur le granite. Au-dessus de 2,700 pieds, les conifères se rabougrissent, on n'entre dans la zone du *Vaccinium Vitis idœa* et *Myrtillus*, rarement avec le *Betula nana*, l'*Anemone alpina* et le *Hieracium alpinum*. Il est assez particulier de trouver ces trois dernières plantes à une hauteur moindre de 3,500 p. sous 51° 48′ lat. nord (1).

Dans les *Carpathes*, Wahlenberg (2) distingue six zones, savoir :

1° La plaine à arbres fruitiers ; 2° la région des montagnes ou des hêtres qui s'y terminent à 4000 pieds ; 3° la région subalpine entre la limite supérieure des hêtres et celle des sapins (h. 4,000 à 4,600 p.) ; 4° la région alpine ou du *Pinus mughus*, entre les limites supérieures du sapin et du *Pinus mughus* (h. 4,600 à 5,600 p.) ; 5° la

---

(1) *Ub. gegenwartig Zustand u. d. Wichtigk. d. Hannover. Harz* ; par M. Hausmann, 1832, p. 24 à 41.

(2) Voyez *Flora Carpathorum principalium*, etc. Gottingue. 1814. 8

région alpine supérieure (h. 5,600 à 8,000 p.), dans laquelle les lichens forment seuls la végétation à partir depuis une élévation de 6,500 pieds.

Dans le *Bannat*, M. Rochel nous apprend que le hêtre atteint un niveau de 500 toises, le *Pinus abies* 700 toises, le *Pinus pumilio* 2 à 300 toises, etc. (1).

Dans les *Alpes de l'Autriche*, M. Zahlbruckner distingue cinq régions :

1° Celle des prairies sur le bord des bassins géologiques (h. 400 à 1,200 p.); 2° celle des bois et des prairies ou des montagnes basses (h. 1,200 à 2,500 p.); 3° celle des hautes montagnes où finissent les céréales et les arbres fruitiers (h. 2,500 à 4,200 p.); 4° la région alpine inférieure ou du *Pinus mughus* et du *Betula alba* (Legbirke) (h. 4,200 à 5,500 p.); 5° la région alpine supérieure (h. 5,500 et 6,560 p.) (2).

Dans les *Alpes du Salzbourg et de la Bavière orientale*, M. Fr.-Aut. de Braune a reconnu quatre régions, savoir :

1° Celle des cultures ou des céréales, entre 1,000 et 3,000 pieds;

2° Celle des bois (*Fagus sylvatica*, *Pinus abies*, *pumilio*, *cembra*, *larix*, *Betula ovata*), entre 3 et 4,000 p., et caractérisée de plus par les plantes suivantes : *Crocus alpiflorus*, *Lonicera alpigena*, *Ribes alpinum*, *Gentiana asclepiadea*, *Saxifraga rotundifolia*, *Aconitum Lycoctonum*, *Stachys alpina*, *Hieracium aureum et aurantiacum*, *Tussilago alpina*, *Carduus defloratus*, *Veratrum album*; *Juniperus alpinum*, *Aspidium Lonchitis*, etc.;

(1) Voyez *Plantæ Banatus rariores*, etc. Pest., 1829.

(2) Voyez *Beytrage zur Landesk. Oesterreichsunter d. Enns*, vol. 1, art. 6.

3° Celle des Alpes, entre 5,000 à 8,000 pieds, les pins (*P. pumilio* et *cembra*) y cessent dans la partie inférieure en arbres rabougris, et la végétation alpine seule couvre les rochers ou les gazons, en présentant une zone moyenne de Rhododendrons (*R. ferrugineum*, *hirsutum* et *chamæcistus*).

C'est la station des plantes suivantes, savoir : *Veronica aphylla*, *saxatilis* et *alpina*, *Pinguicula alpina*, *Festuca pumila*, *Poa alpina*, *Alchemilla alpina*, *Primula auricula*, *minima*, etc., *Androsace lactea*, *Cherleria sedoides*, *Epilobium alpinum*, beaucoup de Saxifrages, *Silene pumilio* et *acaulis*, *Arabis alpina*, *Pedicularis rostrata*, etc., *Gnaphalium supinum*, *Ophris alpina*, *Salix herbacea* et *reticulata*, *Rhodiola rosea*, etc.;

4° La région des neiges, de 8 à 12,000 pieds, dans laquelle certaines petites plantes s'élèvent encore à 9,000 pieds, comme l'*Arctia alpina*, *Myosotis nana*, *Soldanella pusilla*, *Sibbaldia procumbens*, *Cardamine alpina*, *Polytrichum septentrionale*, etc. (1).

Dans la *Suisse septentrionale*, sous 46° et 48° de lat., on trouve six zones de végétation, savoir :

1° La plaine avec la culture de la Vigne ;

2° La région inférieure des montagnes avec le Noyer, s'élève jusqu'à 2,500 pieds ;

3° La région supérieure des montagnes ou des Hêtres (*Fagi*) (h. 2,500 à 4,000 p.); il y a encore çà et là quelques Cerisiers;

4° La région subalpine ou des Conifères, Sapins et Mélèzes (*P. larix*) (h. 4,000 à 5,500); le *Pinus cembra* y

(1) (Voyez *Salzburg u. Berchtesgaden*; par Braune Vienne, 1821, in-8°.

monte plus haut que le sapin, et dans certains points, comme dans le pays de Glaris, la limite des arbres ne dépasse guère 5,000 p.;

5° La région alpine inférieure, depuis la limite des arbres jusqu'à celle des arbrisseaux, tels que les *Rhododendrons* (h. 5,500 à environ 7,000 p.);

6° La région alpine (h. 7,000 à 8,200 p.) (1).

En *Savoie* et *Dauphiné*, on retrouve environ les mêmes régions.

Sur le *versant sud des Alpes suisses*, M. Schouw distingue :

1° La région des Châtaigniers et des Noyers ;

2° La région des Hêtres (*Fagi*);

3° La région des Conifères ou subalpine;

4° La région des Rhododendrons et la région alpine supérieure, auxquelles vient encore s'ajouter, sur les bords des lacs de la Lombardie, la zone des arbres toujours verts (Oliviers, Chêne vert, etc.).

Le *côté sud des Alpes en Lombardie et dans le pays Vénitien*, offre clairement au moins trois régions, savoir :

1° Celle des collines ou des Chênes et des Châtaigniers, qui atteignent environ 700 mètres;

2° Celles des montagnes ou des bois de Hêtres et de Conifères, tels que des Pins, des Sapins et des Mélèzes, qui se tient entre 700 et 1,300 mètres.

3° La région alpine ou des *Pinus cembra* et *mu-*

---

(1) Voyez *De vegetatione et climate in Helvetia septentrionali, etc.*; par M. Wahlenberg. Zurich, 1013.

De Distribut. Geographic. plantarum Helvetiæ; par M. Ringier Tubingue., 1828, 8°.

ghus, qui se prolonge de là jusqu'aux plaques de neige;

Enfin la région des neiges (1);

D'après Ramond et De Candolle, les *Pyrénées* présentent quatre régions de végétation, savoir :

1° Celle des Châtaigniers et des Chênes atteignent 4,000 p.;

2° Celle des Conifères (h. 4,000 à 5,500 p.);

3° Celle des arbrisseaux (*Rhododendron*, etc.), s'élève jusqu'à 7,800 p.;

4° Celle des neiges (h. 7,800 à 8,250 p.).

A leur pied nord sont les landes couvertes de pins et de chênes à liége.

Les montagnes de la France centrale n'offrent pas des hauteurs si considérables que les Pyrénées; on n'y retrouve que les trois premières régions, avec une diminution dans leur limite de hauteur, et avec une zone d'arbres toujours verts, et de plantes odoriférantes (cistes, thym, romarin, etc.) sur leur pied méridional, en Languedoc.

D'après le capitaine Cook, l'*Espagne* se divise en trois zones : celle du nord, comprenant la Gallicie, les Asturies et les provinces Basques, la Navarre-Supérieure, et la partie maritime de la Vieille-Castille. Ses limites naturelles sont les montagnes de la Castille, le grand plateau central d'Espagne, et l'extrémité des Pyrénées Occidentales dans la Navarre-Inférieure et la Vieille-Castille. C'est la région de l'humidité, de la verdure, des pâturages; et le long de la côte règne une égalité remarquable de température.

La végétation y est caractérisée par les chênes (*Quer-*

---

(1) Voyez *Viaggio al Lago di Garda e al monte Baldo*; par Pollini, Verone, 1816, p. 77 et suiv.

cus robur et ilex), le chêne vert, si répandu en Espagne, les bruyères (*Menziezia Daboeci*), l'*Ulex stricta et europea*, et d'autres plantes du nord et de l'Europe occidentale; on n'y produit ni vin ni huile.

La seconde zone d'Espagne est plus étendue, et comprend les Castilles, l'Estramadure, l'Aragon, une partie de la Catalogne, avec des portions élevées des royaumes de Valence et de Murcie, ainsi que de l'Andalousie. Une sécheresse presque constante de l'atmosphère caractérise cette portion considérable de l'Espagne, dont la fertilité est entretenue par des pluies tombant abondamment en hiver et dans le printemps, sur un sol en général tenace.

Cette région comprend des climats, des élévations et des sols divers, sur lesquels on élève surtout les mérinos, et cultive de bons vignobles; l'olivier y croit dans quelques parties, et le ver à soie y prospérerait.

La partie supérieure de l'Aragon et de la Catalogne ont aussi un climat fort sec, quoique placé au pied des Pyrénées, parce que les vapeurs de l'Atlantique retombent en pluie ou neige sur les flancs occidentaux des Hautes-Pyrénées.

De vastes forêts de pins se trouvent dans l'Aragon, dans la Sierra de Cuença, dans celle de Segura, dans le Guadarrama, et la chaîne centrale de Castille; l'*Ilex* d'Espagne, les chênes appelés *Quercus tosa et prasina*, le citise blanc caractérisent la végétation de cette région.

La troisième zone est celle qui s'étend le long de la côte de la Méditerranée dans l'Andalousie occidentale et la vallée du Guadalquivir. Abrité du nord, l'air y est sec et chaud pendant une grande partie de l'année; les hivers y sont tempérés et accompagnés de pluies abondantes. C'est la région des citronniers, des orangers et des palmiers; l'aloës, les cactus, la batate, le cotonnier,

la canne à sucre, le riz y croissent. C'est presque la seule partie de l'Espagne où l'on cultive le mûrier et le ver à soie. Les salsolas y produisent la *barilla*, et la racine de réglisse y forme une branche de commerce. Comme les végétaux, les animaux sont distribués suivant ces trois zones naturelles.

Dans les chaînes des Castilles, les chênes, les châtaigniers, les noisetiers, etc., forment les forêts des Asturies dans le golfe de Biscaye; plus haut viennent les bouleaux et le *Quercus prasina*. Au sud de Valladolid, la chaîne de Guadarrama a une zone élevée de *Pinus sylvestris*, au-dessous de laquelle se trouvent le *Pinus pinaster*, puis les bois de chêne (*Q. tosa, encina*, etc.). Autour de Madrid végètent les *Pinus halepensis*, *encina*, etc.; à un niveau inférieur, au sud, le *Pinus pinaster*; puis, dans la Sierra de Cuença, sur le versant nord, le *Pinus pinaster*, sur le côté sud, le *Pinus hispanica?*, qui existe aussi dans la Sierra de Segura, et plus haut, descendant vers Valence, de nouveau le pin d'Alep.

M. le capitaine Cook a encore donné d'intéressants détails sur la *végétation forestière de l'Espagne*, dont la diversité forme autant d'échelons différents sur la pente des chaînes. Ainsi dans les Hautes-Pyrénées, il nous montre, sur leur pied septentrional, les chênes, les noyers, suivis successivement par la zone des bouleaux et des aulnes, par celle du pin argenté (*Silver fir*) et du pin d'Écosse; enfin par celle du *Pinus uncinata*, tandis que sur le versant méridional le pin d'Alep de la base de la chaîne est remplacé plus haut, dans les forêts, par le pin des Pyrénées, puis par ceux d'Écosse, et le *Pinus uncinata*, etc. (1).

---

(1) *Sketches in Spain*, vol. 2, p. 216 à 223.

Dans les *Apennins*, et surtout entre 42° et 43°, M. Schouw a reconnu six régions.

1° Celle des arbres verts s'élevant à 1,200 p. Parmi ces végétaux, on compte surtout les suivants : *Quercus ilex* et *suber*, *Olea europea*, *Pistacia lentiscus* et *terebenthus*, *Viburnum Tinus*, *Myrtus communis*, *Erica arborea*, *scoparia*, *Arbutus unedo*, *Mespilus pyracantha*;

2° La région des Chênes et des Châtaigniers (h. 1,200 à 3,000 p.);

3° La région des Hêtres avec le *Pinus picea* et *sylvestris*, le *Taxus baccata* (h. 3,000 à 5,000 p.);

4° La région subalpine, dans laquelle le Hêtre et le *Pinus sylvestris* se rabougrisent et cessent (h. 5 à 6,000 p.);

5° La région alpine inférieure à Myrtille, *Arbutus uva ursi*, *Juniperus nana*, etc. (h. 6,000 à 7,500 p.);

6° La région alpine supérieure assez rare en Italie, (h. 7,500 à 8,900 p.).

En *Sicile*, sous 36° 30′ à 38° 20′, M. Schouw énumère les régions suivantes :

1° La région sous-tropicale, qui s'élève jusqu'à 600 p., et est caractérisée par le *Chamærops humilis*, le *Cynara cardunculus*, le *Scolymus grandiflorus*, le *Cactus ficus indica*, l'*Asparagus horridus*, *Lavatera flava*, *Salsosa fructicosa*, et d'autres plantes africaines;

2° Celles des arbres verts (h. 600 à 2,000 p.);

3° Celle des Chênes et des Châtaigniers (h. 2 à 4,000 pieds);

4° Celle des Hêtres (h. 4 à 6,000 p.); dans sa partie supérieure apparaissent quelques plantes subalpines, telles que *Draba aizoides*, *Ceralis alpina*, *Campanula graminifolia*, etc.).

Sur le cône de l'Etna, la troisième région n'atteint que 3,600 pieds, et les hêtres de la quatrième

s'associent avec des bouleaux (*B. alba*), et au-dessus il y a encore deux zones qui n'ont pas cependant le caractère des régions alpines des Alpes. La première, atteignant 9,000 pieds, est caractérisée par les plantes suivantes : *Juniperus communis*, *Berberis vulgaris*, *Astragalus siculus*, *Saponaria depressa*, *Tanacetum vulgare*, *Anthemis petræa*, *Senecio chrysanthemifolius*, *Seriola uniflora*, etc. Depuis 7,500 à 9,000 pieds, toutes ces dernières plantes n'apparaissent qu'isolément et n'ont pas une végétation prospère. Enfin, entre 9,000 et 10,488 pieds il n'y a plus que quelques lichens.

D'après M. Ch. Gemmellaro, la végétation de l'Etna offrirait les données suivantes un peu différentes : Limite du *Triticum spelta*, 1,600 p.; l. du *Cactus opuntia* sur côté nord, 2,100 p., et sur côté sud 3,200 p.; l. de l'*Olea europea*, *Citrus aurantiacum* et *medica*, 3,000 p.; l. de la Vigne et du Figuier, 3,000 p., et sur côté oriental presque 4,000 p.; l. du Châtaignier, 3,600 p., et çà et là 5,100 p.; l. du *Secale cereale*, 5,500 p.; l. du *Fagus sylvatica*, 5,300 à 5,450 p.; l. du *Quercus robur* et *ilex*, 5,300 p.; l. du *Pinus sylvestris*, 5,300 à 6,200 p.; l. du *Betula alba*, 6,100 p.; l. du *Juniperus communis*, 5,400 à 7,500 p.; l. du *Tanacetum vulgare* et *Astragalus ætnensis*, 7,948 p.; l. de l'*Anthemis montana*, 8,850 p.

D'après M. Bory-Saint-Vincent, la *végétation de la Grèce* a les plus grands rapports avec les flores de l'Italie et de la Bétique; mais il s'y mêle des plantes de Lybie et quelques végétaux d'Asie.

Dans les *Canaries*, sous 28° lat., M. de Buch adopte cinq zones, savoir :

1° Celle des Palmiers et des Bananiers, ou la végétation africaine, qui s'élève jusqu'à 1,200 p.;

2° La région des cultures européennes, du Vin, du Maïs, etc. (h. 1,200 à 2,500 p.);

3° La région des bois composés de Lauriers, *Arbutus callicarpa*, *Myrica faya*, *Olea excelsa*, *Ilex perado*, *Erica arborea* (h. 2,500 à 4,080 p.);

4° Celle des Pins (*P. canariensis*), avec *Erica scoparia* (h. 4,080 à 5,900 p.);

5° Celle du *Spartium nubigenum* (h. 5,900 à 10,400 p.);

A *Madère*, MM. Kuhl et Van Hasselt ont reconnus cinq régions, savoir :

1° Celle des Cactiers, qui s'élève jusqu'à 630 p.;

2° Celle des Vignes, avec la Canne et les Mûriers, qui atteint 2,030 p.;

3° Celle des Châtaigniers (h. 2,300 à 2,950 p.);

4° Celles des Genêts, qui se termine à 3,920 p.;

5° Celle des Bruyères, qui s'étend jusqu'au sommet du Pico-Ruiva, le point le plus élevé de l'île, et ayant 5,300 p.

Entre la quatrième et cinquième région, il y a une zone de Fougères (*Pteris aquilina*, etc.), qui commence surtout à 3,930 et finit à 4,080 p. Les arbres verts ont aussi une situation propre (1).

Dans le *Caucase*, sous 42 à 43° lat., on peut distinguer six régions :

1° La région des bois ou des Châtaigniers et des Hêtres;

2° La région supérieure des bois ou celle des Pins et des Bouleaux ne dépassant que çà et là 5,500 pieds;

3° La région subalpine ou des arbrisseaux, tels que les *Rhododendron caucasicum*, les *Vaccinium*, les Saules, etc. (h. 5,500 à 8,400 p.);

---

(1) Voyez *Annal. génér. des sc. phys.*, vol. 7, p. 183.

4° La région alpine divisée en zone inférieure à *Ranunculus caucasicus*, *Gentiana septemfida*, Saxifrages, etc., (h. 8,400 à 9,000 p.); zone moyenne des Graminées (h. 9,000 à 9,600 p.), et zone supérieure ou des Lichens (h. 9,600 à 9,900 p.).

Dans l'*Oural méridional*, M. Lessing distingue deux régions, celle des bois, qui s'étend jusqu'à 4,000 p., et dans laquelle les Sapins sont les derniers arbres, et celle de la végétation alpine, qui atteint jusqu'à 4,180 pieds. La limite du Tilleul, de l'Orme, de l'Erable (*Acer platanoïdes*) est à 1,000 p.; celle du *Pinus sylvestris* et des Bouleaux, à 3,850 p.; celle du Mélèze sur l'Iremel à 3,500 p., et sous 61° lat. N. à 3,000 p.; celle du *Pyrus aucuparia* et du Tremble, à 3,000 p. La végétation alpine est caractérisée par les plantes suivantes : *Polygonum alpinum* et *Bistorta*, *Solidago virga aurea*, *Lestuca ovina*, *Gypsophila uralensis*, *Apargia crocea*, etc.

Dans l'*Altaï*, d'après Ledebour, Meyer et Bunge, la limite des arbres est à 6,500 p. Le *Pinus cembra* s'élève 6,541 pieds, le *Pinus larix* à 5,500 et quelquefois à 6,187 p. Plus bas se trouvent les bouleaux, les sapins et les pins. Le *Betula alba* a sa limite à 4,536 p., et, çà et là à 5,236 p. Les conifères des Steppes s'élèvent à 3,000 pieds.

Dans l'*Himalaya*, il y a, à une grande hauteur, une végétation arctique, puis les hauts plateaux de 12 à 14,000 pieds d'élévation offrent une végétation se rapprochant de celle de l'Europe, tandis qu'à ses pieds se trouve étalée la richesse de la végétation de l'Indoustan.

Dans l'*île de Java*, qui offre des montagnes de 10 à 12,000 pieds d'élévation, M. Reinwardt distingue,

1° La plaine cultivée, et les bois surtout, d'espèces de Figuiers ;

2° Des forêts d'*Altingia excelsa*, etc., jusqu'à 3,000 p.;

3° Des bois de Pins et de Cyprès;

4° Des bois de Lauriers avec Myrtacées, Rhododendrons, Magnolies et quelques Chênes;

5° A 7,000 pieds les arbres se rabougrissent, et on trouve des *Erica*, des *Andromeda*, des *Vaccinium*, etc., et d'autres formes européennes, qui deviennent toujours plus alpines à mesure qu'on s'élève.

Dans les *Etats-Unis* d'Amérique, une région de pins rabougris (*P. balsamea et nigra*) et une région alpine surmontent la zone des bois à Acera, Pins, *Fagus*, etc. Cette dernière s'élève à plus de 4000 pieds dans le nouveau Hampshire.

Au *Mexique*, M. Schiède distingue aussi les trois régions chaude, tempérée et froide ou glaciale. La seconde s'élève jusqu'à 4,000 pieds, les pins commencent à environ 6,000 pieds, et il y a encore des pins américains avec des chênes et des aulnes à 8,000 pieds, et beaucoup de plantes à 9,000 p. Une espèce de pomme de terre y existe entre 10 et 11,000 pieds, et plus haut, à 14,000, sont les neiges éternelles (1).

Dans la partie nord de l'*Amérique méridionale espagnole*, M. de Humboldt distingue huit régions :

1° Celle des plantes souterraines dans les mines;

2° Celle des Palmiers et des Scitaminées (hauteur, 0 à 3,000 p.);

3° Celle des Fougères arborescentes (h. 3,000 à 5,000 pieds);

4° Celle des Cinchona et des Mélastomes (h. 5,000 à 8,000 p.);

5° Celle des *Wintera* et Escallonies (h. 8,000 à 10,200 p.), région froide;

---

(1) Voy. *Annal. d. Sc. nat.* 1 vol. 18, p 215.

6° Celle des plantes alpines (*Draba*, *Ranunculus*, *Lobelia*, etc. (h. 10,200 à 12,600 p.);

7° Celle des Graminées (h. 12,600 à 14,160 p.);

8° Celle des Lichens (h. 14,160 à 14,760 p.).

Dans ses Prolégomènes, le même auteur n'adopte que trois régions, la région chaude des Palmiers qui s'étend à 1,200 pieds; la région tempérée ou des Fougères et *Cinchona*, qui va à 6,600; et la région froide des Chênes, des *Wintera* et Escallonies, de 6,600 à 14,760; divisée en trois zones, l'une 6,000 à 9,600 p., l'autre de 9,600 à 11,400 p., et la troisième de 11,400 à 14,760 p.

§ III. Hauteur respective des céréales et des arbres fruitiers dans divers pays.

Je crois devoir aussi ajouter quelques détails sur *la hauteur relative qu'atteignent, dans diverses contrées, les végétaux cultivés le plus ordinairement*; le voyageur pourra ainsi avoir une idée approximative de l'élévation à laquelle il se trouve.

Dans la *zone polaire* et les pays voisins de cette dernière, on distingue deux régions, celle des cultures et celle des prairies pour le bétail. La limite supérieure de l'orge est, en Laponie, à 800 p., et en Norwége, sous 60° à 61° lat., à 2,000 p.

Dans l'*Angleterre septentrionale*, le froment ne s'élève pas au-delà de 1,000 pieds, l'avoine, les raves et les pommes de terre, réussissent jusqu'à 2,000 p., l'orge et le seigle atteignent une hauteur moyenne entre ces deux niveaux.

Sur les *bords du Rhin inférieur*, les arbres fruitiers ne mûrissent plus à 2,076 p., mais bien à 1,780 p., et la plupart des céréales cessent presque à 2,034 p.,

si ce n'est l'avoine qui mûrit encore à 3,230 p. (1).

Dans les *Vosges*, l'avoine est aussi la seule céréale qui réussisse à 2,200 p.; en *Souabe* la limite des céréales d'hiver est à 2,800 p., et celle des céréales d'été à 3,000 p. La vigne s'y élève, sous 48° 1/2 lat. n., à 15 à 1,600 p., mais les bons vins ne se récoltent pas au-delà de 1,000 p. Les arbres fruitiers et les noyers atteignent une hauteur de de 2,000 p. (2).

En *Autriche*, les concombres s'élèvent à 1,000 p., le maïs à 12 à 1,300 p., la vigne à 1,600 p., le châtaignier à 1,800 à 2,000 p., le noyer à 2,000 p., les céréales à 3,200 p. et les cerisiers à 3,400 p.

Dans le *Tyrol*, les céréales cessent, sur le versant nord des Alpes, à 3,800 p., et, sur le côté opposé, à 4,500 p. La vigne atteint, au *mont Splugen*, 1,149 p. d'élévation. Dans le groupe du *Mont-Rose*, les vignobles s'élèvent, sur le côté nord, à 2,200 p., et sur le versant sud, à 3,093 p. et les céréales vont jusqu'à environ 5,000 p.

Dans la *Suisse septentrionale*, la vigne s'élève à 800 à 1,700 p. sur la mer, les noyers vont un peu plus haut; les céréales atteignent 2,700 à 3,400 pieds et les prairies s'étendent jusqu'aux neiges perpétuelles.

Sur le *versant sud des Alpes*, les vignes sont cultivées jusqu'à 2,000 p., et le froment et le seigle, en général, jusqu'à 4,000 pieds, quoique ces dernières céréales réussissent çà et là dans des localités particulières, jusqu'à 5,544 p., et même au-delà pour le seigle.

Dans les pays de *Brescia* et autour du *lac de Garde*

(1) *Die. Grenze zwischen d. Feld u. Waldkultur*; par L. Lintz. Bonn, 1823, 8°.

(2) Voyez *Untersuchung. ub. d. Pflanzen geograph. Verhaltnisse Deutschlands*; par Schubler et A. Wiest, Tubingue, 1827.

l'olivier sauvage, le figuier et le grenadier sauvage, se trouvent encore à 150 mètres d'élévation absolue.

Dans les *Apennins* on distingue la région des orangers et des oliviers qui va jusqu'à 1,200 p., celle de la vigne et des céréales qui s'étend jusqu'à 3,000 p., celle des céréales qui va à 4,000 p., et la région inculte.

Dans la *France méridionale* le maïs s'élève à 500 t., et les vignobles à 400 t.

Entre les tropiques, en *Amérique*, les cultures donnent quatre régions, savoir : 1° celle des bananiers, des cocotiers, du cacao, du sucre, de l'indigo et du manioc qui s'élève jusqu'à 3,000 p.;

2° Celle du maïs qui va de 3,000 à 6,000 p., avec le cafetier dans la partie inférieure, et les céréales européennes dans la portion supérieure;

3° Celle des céréales d'Europe (h. 6,000 à 9,240 p.);

4° Enfin la région inculte dans la partie inférieure de laquelle réussissent les pommes de terre et des plantes potagères.

Dans l'*Himalaya* les abricotiers s'élèvent à plus de 10,000 p., des peupliers et une belle végétation se voient à 13,500 p., et il y a encore des poiriers à 14,000 p. anglais.

A mesure qu'on s'approche de l'équateur, vers le pôle, les lignes isothermes descendent toujours plus. Il est évident que certaines cultures, comme beaucoup de plantes, disparaissent petit à petit par suite de la cessation de la température nécessaire à leur existence. Ainsi l'indigotier ne dépasse pas 41° à 43° lat. nord, le bananier 35°, la canne à sucre 36° lat., le dattier 44° lat.; le cafetier réussit le mieux entre l'équateur et 10° de lat.; l'olivier ne dépasse pas la zone méditerranéenne, c'est-à-dire 44° lat. nord; le châtaignier et le mûrier se tiennent dans le milieu de l'Europe; la vigne, en Europe,

ne s'étend pas au-delà de 50° lat. nord, et en Amérique au-delà de 40°.

En général les arbres fruitiers de l'Europe centrale cessent de donner des fruits murs sous une certaine latitude nord, puis disparaissent tout-à-fait dans des latitudes plus élevées. Ainsi les fruits de la vigne, du figuier, du noyer, etc., ne murissent pas dans le nord de l'Angleterre, quoiqu'ils en donnent dans la partie méridionale de cette île, et en Ecosse ces arbres disparaissent.

Si entre 42° à 55° de latitude, les forêts consistent, en Europe, de hêtres, de chênes, de platanes, de frênes, d'ormeaux et de tilleuls, depuis le 47° on n'y observe plus d'arbres à fruits mangeables, tels que les châtaigniers, les noyers, etc.; tandis que du 55° au 70°, il n'y a que des arbres résineux, avec quelques bouleaux, des aulnes, et des saules.

Dans certains lieux en Laponie, sous 67° 20 lat. nord, on observe encore des cultures, sous 68° 30° on sème de l'orge, des raves, sous 70° 39° on peut récolter des pommes de terre, des choux et des groseilles piquantes. En Asie sous 60° toute culture cesse à Tobolsk, et au Canada cela a lieu déjà sous 51°.

Les céréales s'élèvent à 1,600 toises sous l'équateur et à 68° à 70° latitude nord, on ne peut plus les cultiver au niveau de la mer.

Dans le milieu de zone tempérée, entre 40° et 60° lat. nord, une différence de hauteur de 300 pieds donne une diminution de 1/2° R. pour la température moyenne, tandis que cette quantité est aussi celle de la température moyenne de deux lieux à la distance d'un degré géographique. Or, si cette dernière circonstance climatérique réglait seule la distribution des végétaux, on pourrait calculer précisément d'avance dans quel point du globe on devrait trouver dans les plaines, au nord du point de

l'observation, certaines plantes qui y occuperaient un niveau élevé ; mais la distribution des végétations dépend, en outre, de la différence des extrêmes de température, de la différence sur ce point d'après les hauteurs relatives, de la diversité du sol, de l'exposition au soleil, de l'humidité, etc.

§ IV. Observations à faire sur les rapports de la végétation avec la configutation des montagnes.

Distribution des végétaux. Quelles plantes se trouvent au pied de la chaîne? Quelle différente végétation offrent les contreforts, la partie centrale, et les sommités de la chaîne? Peut-on y distinguer plusieurs zones de végétation? Les mêmes végétaux existent-ils sur les deux versants et à leurs pieds, ou à leurs deux extrémités on y observe deux végétations en tout ou en partie différentes?

Quelles plantes descendent de ces chaînes dans les vallées et les plaines? Quelles espèces ou quels genres semblent être provenus des montagnes? et quelle élévation y atteignent ces plantes? Quelles sont les lieux où elles abondent surtout, et où elles disparaissent?

Quelle influence les gorges, les vallées, l'inclinaison des couches, etc., ont-elles exercées sur la dissémination de certaines espèces, soit pour descendre des montagnes, soit pour y monter? Leur dissémination peut-elle être attribuée à de pareilles causes, où dépend-elle des différences climatériques locales?

Comment se terminent la végétation et la vie organique dans les hauteurs? Où sont les limites supérieures de la culture des céréales et des arbres fruitiers? Quelle zone décrivent les forêts? De quelles espèces d'arbres sont composées ces dernières? Est-ce que quelques arbres trouvent moyen de s'élever plus haut qu'ailleurs

au moyen de certains abris ou de certaines expositions?

A quelle élévation parviennent les arbrisseaux? A quel point les mousses et les lichens deviennent-ils dominants? Quels sont les végétaux qui dépassent surtout la limite supérieure des arbres? Est-ce que des zones de végétation existent également sur tous les versants? Leur hauteur relative est-elle différente ou la même sur les deux principaux côtés? Est-ce que les bois cessent promptement en remontant les vallées où les gorges? Y en a-t-il encore dans des vallons dominés par des glaciers?

Est-ce que la végétation forestière manque, et quelles en sont les raisons? Y a-t-il des indices d'anciennes forêts détruites?

Les montagnes ont-elles été dénudées par la main des hommes? Pourquoi les forêts ne se reproduisent-elles plus?

Force végétative. Quelle est la force de la végétation au pied des montagnes? Quelle différence observe-t-on à cet égard dans les montagnes basses et de moyenne élévation, ainsi que sur les sommités ou les plateaux élevés? A quel niveau supérieur et inférieur les plantes ont-elles encore une forte végétation? Quelle est à cet égard l'influence des circonstances locales et climatériques?

L'inclinaison forte des couches est-elle une cause principale de la stérilité de certaines pentes de montagnes? La végétation est-elle surtout abondante ou vigoureuse sur les masses peu inclinées? En général, quels sont les rapports de la végétation avec l'inclinaison et la forme abrupte ou douce des pentes?

Le manque de certains arbres forestiers sur un des côtés d'une montagne, tient-il à ce que les causes de la dissémination de leurs graines manquent dans les hautes

vallées? Les vents dominants produisent-ils à cet égard une influence fâcheuse?

Est-ce que certains arbres communs dans le pays ne se voient pas sur certains versants? Est-ce une suite de la température, ou doit-on l'attribuer à l'influence du vent de mer et du voisinage de cette dernière?

Quel est le rapport de produit des céréales à diverses hauteurs? Quelle rotation forestière a-t-on besoin de mettre en usage dans la coupe et le semis des bois?

§ V. Influence des roches sur la végétation.

Les végétaux, à l'exception de certains cryptogames, ayant tous besoin d'une certaine quantité de terre végétale, j'aurais dû renvoyer l'influence du sol au moment où je parlerai de la décomposition des roches, mais d'un autre côté cet objet tenait de trop près à la géographie botanique pour en être séparé.

Bien des personnes se sont efforcées à diminuer l'influence que la nature du sol exerce sur la végétation, parce qu'elles n'ont examiné que l'influence chimique des diverses roches par elles-mêmes. Or, dans tout pays composé de plusieurs espèces de dépôts, il faut prendre, en considération leur nature particulière, leurs rapports mutuels, leur opposition ou superposition, en un mot, leur arrangement et leurs accidents de formation. En effet, comme la géographie nosographique, la végétation est moins réglée par la nature de la roche que par sa variété particulière, par quelques-unes de ses formes extérieures, par quelques-uns de ses gisements, par sa plus ou moins grande disposition à réfléchir et absorber la chaleur, à se décomposer, à attirer, absorber ou laisser passer l'humidité. L'influence géologique du sol

doit être étudiée par grande contrée, sans étendre les résultats obtenus au-delà de certaines limites.

Dans ce cas, on remarque non-seulement des végétaux concomitants de certains sols, mais encore des diversités de couleur, de surface et de qualités physiques dans des plantes se trouvant sur différents dépôts, ainsi on a observé une différence entre les végétaux des terrains calcaires et granitiques, etc. Les chimistes eux-mêmes ont trouvé une différence nutritive entre quelques plantes croissant sur des sols divers. D'abord les Lichens montrent des prédilections décidées pour telle ou telle roche; les exemples les plus connus sont ceux du *Rhizocarpon geographicum* des roches granitiques, du *Stereocaulon vulcani* sur des scories volcaniques, d'une *Leconora* sur des briques, ou d'une *Parmelia tessularis*, d'un *Lichen cretaceus*, d'un *Opegrapha calcarea*, etc. (1).

Dans les latitudes élevées, le *granite* est le plus souvent dépourvu de bois ou peu couvert de Conifères, et plus rarement d'autres arbres; ses vallées donnent çà et là de bonnes prairies. Dans le midi de l'Europe, des bois de chênes et de châtaigniers le recouvrent souvent. Le *gneis*, le *micaschiste* et le *schiste argileux* étant plus aptes à produire de la terre végétale, sont couverts très souvent de bois, en particulier de Conifères dans l'Europe centrale.

Les *grès* sont favorables à la végétation des forêts, il en est de même de certains dépôts *calcaires*, qui forment en général en Europe le sol du plus grand nombre de vignobles et de champs de céréales. C'est aussi le terroir par excellence des plantes aromatiques du midi de l'Europe.

---

(1) *Propædeut. der Mineralogie*, de Gaertner, Kopp et Leonhard, p. 186.

Les *montagnes gypseuses* et *salifères* sont assez stériles, mais leurs vallées ont une belle végétation. Le *trapp* et le *basalte* se décomposant aisément et attirant beaucoup d'humidité, produisent un sol très fertile. Il en est de même des *laves* dont la surface est apte à s'altérer à l'air.

Le *sol alluvial* offre des végétations très diverses, les sables purs sont aussi stériles que les sables mélangés de marne ou d'argile, peuvent devenir fertiles, sans égaler néanmoins la richesse des limons de rivières ou *polders*.

Les terrains fort imprégnés de *poix minérale*, tels que les environs du lac d'Asphalte à la Trinité, sont dits presenter une végétation assez particulière relativement à celle des contrées adjacentes.

Maintenant, je vais donner quelques exemples à l'appui de ces propositions. Dans le *Yorkshire*, les *Erica* n'existent pas sur la craie ou les dépôts calcaires, qui offrent au contraire les plantes suivantes : *Chlora perfoliata, Astragallus glycyphyllos* et *hypoglottis*, *Neottia spiralis*, *Orchis pyramidalis*, *Cistus helianthemum*, etc. Le grès y présente le *Pinguicula vulgaris*, le *Vaccinium oxycoccos*, l'*Empetrum nigrum*.

L'*Arenaria venaria* existe autour de toutes les mines de plomb d'Angleterre (1).

En *Normandie*, M. Brébisson a pu diviser la végétation en plantes du sol siliceux, comprenant le granite, le schiste et le grès, en celles du sol calcaireux et celles qui sont mixtes. Les Algues marines sont plus abondantes sur le sol secondaire que sur le terrain ancien, les

---

(1) Voyez le Mém. de M. Atkinson (*Mem. of the Werner. Soc.*, vol. 5, 1re part.).

Floridées préfèrent les rochers calcaires, les Fucacées les roches granitoïdes. Le nombre des phanérogames, surtout de certaines familles, telles que les Papavéracées, les Ombellifères, les Chichoracées, les Gentianées, etc., augmentent en espèces sur le sol secondaire, et la même chose arrive sur le sol primaire pour les cryptogames et quelques phanérogames des familles des Droséracées, des Géraniées, des Oxalidées, des Polygonées, des Glumacées, etc. (1).

Dans le Porentrui, M. Thurmann a trouvé que chaque accident orographique, chaque affleurement des diverses couches jurassiques avait une végétation particulière. Ainsi, il distingue différentes stations phytographiques sur les plateaux portlandiens, sur les crêtes coralliennes et oolitiques, sur les voûtes oolitiques, dans les gorges coralliennes et oolitiques, dans les défilés ou les cluses, dans les combes argileuses, oxfordiennes et keupériennes, dans les vallées tertiaires ou alluviales (2).

En *Basse-Autriche* le calcaire secondaire des Alpes est le sol favori du *Pinus austriaca*, belle espèce ou sous-espèce, qui a quelque chose du port du cèdre du Liban.

Distribution des végétaux. Est-ce que la végétation est plus ou moins différente, suivant que les roches sont stratifiées ou massives, ou même observe-t-on des diversités de végétation sur des terrains différents? Quelles sont les plantes caractéristiques de tel ou tel terrain et de telle ou telle de ses divisions? De quelle manière s'é-

---

(1) *Mém. de la Soc. linn. du Calvados.*, vol. 4, p. 367, etc.

(2) Voyez la note F, de son mém. sur les soulèvements jurassiq. du Porentrui. (*Mém. de la soc. d'Hist. nat.* de Strasbourg., vol. 3, 2e partie.).

tablissent les passages d'une végétation à l'autre? Est-ce que cette variété végétative a lieu pour les phanérogames et les cryptogames, ou seulement pour une de ces grandes classes de plantes.

Force végétative. Est-ce que la nature du sol, ou de la roche, influe sur la force végétative des plantes? Est-ce qu'on peut observer une différence à cet égard pour des végétaux généralement répandus, suivant qu'ils se trouvent sur telle ou telle formation? Les vallées de certains dépôts sont-elles surtout remarquables par leurs belles prairies et leur sol fertile?

Est-ce que les forêts s'étendent même sur des pentes très escarpées, de manière à ne laisser nus que les véritables murailles de rochers? A quelle élévation, ou à quel niveau telle ou telle roche semble-t-elle favorable à la végétation de certaines plantes, et est-ce que cet effet a quelque rapport avec l'exposition et les localités plus ou moins abritées? Si certains arbres s'élèvent au-dessus de leur limite ordinaire de végétation en hauteur, est-ce que cette anomalie locale peut provenir de la nature du sol? Est-ce que la fertilité d'un dépôt est augmentée par la quantité de vapeurs qui se rassemblent autour des montagnes?

A hauteur égale et exposition semblable, les céréales donnent-elles autant de graines, lorsqu'elles croissent sur un terrain, que sur un autre? Y a-t-il aussi une différence sous le même point de vue pour le renouvellement plus ou moins prompt des forêts au moyen de semis?

Certaines roches d'un district n'ont-elles qu'une végétation très chétive et uniforme, ou se font-elles remarquer par leur stérilité? Ces masses minérales se dessèchent-elles rapidement en se décomposant, et acquèrent-elles une très grande chaleur par l'exposition au soleil?

§ I. Influence de la diversité de composition d'un même dépôt sur la végétation.

Distribution des plantes. Est-ce que la végétation est différenciée par la composition diverse d'une même roche? Si cette influence a lieu, dépend-elle de la quantité locale de certains éléments constituants, ou de l'addition, ou de la substitution de quelques substances dans certaines masses?

Force végétative. Dans quels rapports la force végétative paraît-elle être avec la quantité ou la nature relative des parties constituantes d'une roche? Dans les masses mélangées, la décomposition de certains minéraux est-elle surtout favorable pour donner de la vigueur à la végétation? Cette influence va-t-elle jusqu'à permettre à de grandes hauteurs la végétation de plantes dont l'habitation ordinaire est dans des lieux bas et marécageux ou *vice versa*?

Des fentes et des fendillements, ou des porosités, favorisent-elles la végétation des mousses? La décomposition de certaines parties constituantes ou de certains minéraux empâtés, paraît-elle offrir aux Lichens des points d'attache convenables? La fertilité du sol provient-elle ou ne provient-elle pas de la plus ou moins grande quantité de ciment dans certaines roches agrégées aptes à se décomposer?

CHAPITRE XXII.

Animaux et leur distribution géographique.

Les animaux ont contribués et contribuent encore à modifier la surface du globe, sous ce rapport leur étude rentre dans celle du géologue. Ainsi, les dépouilles des animaux vertébrés sans exception, sont

épars non seulement dans les couches du globe et s'y ensevelissent journellement, mais certaines classes tels que certains mammifères et des oiseaux sont de puissants moyens que la nature emploie pour la dissémination des végétaux, et par conséquent pour altérer la distribution primordiale des créations.

D'une autre part, des rochers entiers ne sont formés que du têt ou de la demeure d'animaux invertébrés dont nous connaissons ainsi les espèces éteintes, tandis que ceux qui étaient nus ou simplement charnus sont tout-à-fait perdus pour nous. Journellement encore, les mollusques et les polypes contribuent à la formation de masses solides, il est donc de toute nécessité d'étudier et de mesurer le travail étonnant de ces si petits animaux.

De plus, il faut connaître la *disposition géographique des animaux actuels*, pour pouvoir la comparer à celle des êtres qui ont vécu à différentes époques géologiques, et pour avoir ainsi des preuves de plus, relativement aux divers centres de création de la nature organique et inorganique. Ainsi, par exemple : le tapir propre à Sumatra et Java semble éloigner l'idée vulgaire d'une ancienne liaison entre ces îles et l'Indostan.

Une autre étude très curieuse pour le géologue, c'est de suivre les modifications dont les espèces animales sont susceptibles par le changement de climat, le genre de nourriture ou d'éducation, ou par le travail (1). Il peut donc se faire une idée approximative des causes qui ont fait disparaître successivement

---

(1) Voyez les Mém. de MM. Roulin *Mém. des savants étrang. de l'Acad. des Sciences*, 1835, ou *Annal. des Sc. nat.*, vol. 16, p. 13). Girou de Busareingues (*dito*). F. Cuvier (*dito*, vol. 9, p. 279). Dureau de la Malle (*dito*, vol. 17, d. 159, vol. 27, p. 5, et 113). Millet (*dito*, vol. 18).

les différentes races d'animaux éteints et de celles qui ont pu les modifier assez, pour que les zoologues puissent même tomber dans l'erreur d'établir des espèces sur des sous-espèces ou des variétés. Le géologue-voyageur doit donc dans ses courses ne négliger aucune des observations qu'il pourrait faire sur ces divers points d'histoire naturelle.

Les divers climats ont chacun leurs animaux, de manière que le globe se laisse diviser en plusieurs *royaumes zoologiques*, dans chacun desquels des genres et des espèces remplacent ceux qu'on trouve dans d'autres. La vie embrasse pour ainsi dire tout le globe; mais la température de ses diverses parties, l'opposition et la chaleur de ses zones médianes avec le froid de ses régions polaires y diversifient à l'infini les productions tant animales que végétales. Comme pour ce dernier règne, les espèces d'animaux, leurs diversités le nombre des individus, la beauté des formes et des couleurs de ces êtres diminuent à mesure qu'on s'avance des pôles vers l'équateur, ou du niveau des mers vers les sommités des aspérités du globe. On ne peut y méconnaître l'intime liaison qui existe entre la vitalité, le calorique et l'électricité.

§ I. Mammifères.

D'après M. Bory St-Vincent, les mammifères peuvent être répartis en cinq grands systèmes de cantonnement; 1° celui de l'Amérique, depuis le Cap Horn au tropique du Cancer; 2° celui qui dans l'hémisphère boréal s'étendrait à la surface des deux mondes, entre le tropique du Cancer ou le 30° et le pôle arctique; 3° celui que composeraient l'Asie au-dessous du 30° et l'Afrique entière; 4° celui de l'Australasie; 5° celui de la Polynésie.

	Genres propres.	Genres communs à plusieurs parties du globe.	Nombre total.
Europe.		41	41
Asie septentrionale. .	1	45	46
Amérique septentrionale.	7	42	49
Amérique méridionale. .	39	33	72
Afrique.	13	50	63
Asie méridionale. . .	11	53	64
Australasie.	1	13	14

Tableau pour les espèces par M. Minding.

	Europe.	Asie sept.	Amér. sept.	Amér. mérid.	Afrique.	Asie mérid.	Australasie.	Communes.	Propres.	Nombre total.
Europe.		74	46	9	23	24	2	91	66	157
Asie septentrionale. .	74		42	7	26	40	8	103	59	162
Amérique septentrionale.	46	42		21	15	15	13	68	129	197
Amérique méridionale.	9	7	21		9	9	12	25	331	356
Afrique.	23	26	15	9		38	12	51	211	262
Asie méridionale. .	24	40	15	9	38		15	67	191	258
Australasie. . . .	12	8	13	12	12	15		24	54	78

Descendant plus avant dans les détails de la distribution géographique des Mammifères sur le globe, on trouve que cette étude intéresse encore le géologue, sous des rapports différents. D'abord il est important de savoir que les îles éloignées des grands continents en sont dépourvues et que d'autres n'en présentent que parce que l'homme les y a transplantés. Ainsi les îles de l'Océanie offrant des animaux, ne renferment que des chiens, des cochons, des rats, des chauves-souris et des poulets. Cela jette du jour sur l'émersion récente de quelques-unes de ces îles comme sur le mode suivi dans la dispersion des animaux.

Des îles voisines de deux continents présentent ordi-

nairement des types d'animaux composés de ceux dominants dans ces derniers. Ensuite chaque grand continent a des types particuliers d'animalisation servant à indiquer qu'il y a eu, dans chacun d'eux, un ou même plusieurs centres de création. Il me suffit de citer comme exemple les Marsupiaux de la Nouvelle-Hollande, les Tardigrades de l'Amérique méridionale, la Giraffe et les Antilopes d'Afrique, etc. De plus, dans chaque continent, on observe souvent certaines espèces restreintes à certains grands cantonnements. Ainsi on trouve dans l'Afrique méridionale le Quagga et le Zèbre, etc., et dans la partie septentrionale, le Cheval et l'Ane. Les îles de la Sonde offrent un Hippopotame et un Tapir qui n'existent pas dans l'Indostan.

La géologie tire de précieuses lumières de la différence qu'il y a entre les mammifères de la zone torride et ceux des zones tempérées et glaciales, et de celle entre les animaux de l'Ancien et du Nouveau-Monde.

Aucun mammifère terrestre de l'Amérique du sud, n'a été identiquement retrouvé dans le midi de l'ancien monde, tandis que plusieurs sont communs aux parties septentrionales de ces deux grands continents. Les Éléphants, les Rhinocéros, les Hippopotames, les Giraffes, les Chameaux, les Lions, les Singes, etc., habitent les zones torrides ou chaudes de l'ancien monde, tandis que dans l'Amérique méridionale il n'y a pas un seul bœuf, mais il y a des Cabiais, des Tardigrades en abondance, des Tatous, de Lamas, des Vicognes, des Guanacos, des Jaguars ainsi que des Tapirs (1), des Singes particuliers (*Mycetes*

---

(1) *Mém. sur une nouvelle espèce de Tapir des Andes;* par M. Roulin (*Annal. des sc. nat.*, vol. 18, p. 26 et vol. 17, p. 107, et *Mém. d. sav. étr. de l'Acad.*, vol. 6).

Cebus, etc.), quelques *Opossum* ou Marsupiaux. Ainsi la différence zoologique est tantôt dans les genres, tantôt dans les espèces qui semblent se remplacer entre elles; or, en comparant l'Afrique et l'Asie méridionale, on observe aussi une dissemblance analogue. Ainsi l'Afrique est le pays de la Giraffe, et par excellence des Antilopes, des Cynocéphales, tandis que l'Asie et l'Afrique ont chacune une espèce d'Éléphant, de Tapir, d'Hippopotame, des espèces différentes de Rhinocéros, de Singes, etc.

Si, au contraire, on compare l'Amérique septentrionale avec la partie tempérée et boréale de l'ancien continent, on retrouve très souvent identité de genres, et quelquefois les mêmes espèces. Ainsi certains Cerfs d'Europe (*C. capreolus et Dama*) sont remplacés, en Amérique, par d'autres (*C. canadensis*, *virginianus*), et le Bison d'Europe l'est par le Buffalo, etc.

Quant aux espèces identiques, on peut citer les animaux suivants : Les *Cervus alces et Tarandus*, *Lepus variabilis*, *Tamias striatus*, *Arctomys Citillus*, *Mus musculus*, *Rattus et decumanus*, *Castor fiber*, *Hypudæus amphibius*, *Canis domesticus*, *Lupus*, *Lycaon*, *Vulpes*, *Lagopus*, *Mustela vulgaris et erminea*, *Ursus niger et maritimus*, etc.

Cette identité de certaines espèces prouve que leur dispersion a été favorisée par la proximité des parties boréales des deux continents ; or, ce voisinage a existé de toute ancienneté, puisque les ossements fossiles trouvés dans les deux continents, présentent des identités non-seulement en genres, mais même en espèces, comme pour les Mastodontes.

Il y a même des espèces fossiles de ce dernier genre (*M. angustidens*) qui existent en même temps en Europe et dans les deux Amériques, et, ce qui est aussi singulier, des restes de Tradigrades fossiles (*Megatherium*),

abondants au Brésil et à Buenos-Ayres, ont été retrouvés en Europe où cette famille d'animaux n'existe plus. Dans le nord de l'Amérique ce genre *Megatherium* paraît avoir été remplacé par le *Megalonix*, dont les restes se rencontrent plutôt dans les cavernes, tandis que les os du *Megatherium* sont dans des alluvions.

D'un autre côté, dans tout ce que nous savons des ossements fossiles de l'hémisphère austral, rien n'indique que ses continents se terminant tous en pointes, aient jamais été plus rapprochés.

Après cela, en comparant les Mammifères d'Europe avec ceux des zones torrides, on trouve une dissemblance complète soit pour les genres, soit pour les espèces. En général l'animalisation terrestre est sur une échelle plus grande et plus belle dans les dernières contrées que dans les zones tempérées et glaciales. Mais je crois inutile d'insister davantage sur ce contraste, et je me contente de signaler que les débris connus d'ossements fossiles de Mammifères se rapprochent, la plupart, des genres, et le plus souvent d'espèces habitant encore entre les tropiques. Les exceptions à cette règle portent d'abord sur des animaux qui n'ont disparu que pendant l'époque alluviale moderne, telles que le Cerf à bois gigantesque, certains Bœufs, peut-être certains Ours, certains Renards, etc. Tous les autres animaux, à l'exception peut-être du Mastodonte ou de quelques espèces de Mastodontes, demandaient pour vivre une température assez élevée, tels que les Éléphants, les Rhinocéros, les Tapirs, les Hyènes, etc.

Ensuite, lors de l'époque alluviale ancienne, il y avait déjà de grandes inégalités sur la surface terrestre, donc un même pays présentait des climats divers suivant les hauteurs que les animaux habitaient, ainsi des animaux propres au climat tempéré, pouvaient se trouver

dans le même pays dont les plaines nourrissaient des animaux équatoriaux. Certains Ruminants étaient peut-être dans ce cas exceptionnel.

Pour pouvoir bien juger de la manière dont certains animaux se sont éteints, il faut rechercher les modifications qu'a subie la distribution des Mammifères depuis les temps historiques. C'est dans cette partie difficile de l'histoire naturelle que viennent se placer différents faits dont je me contenterai d'énoncer les suivants :

L'existence du *Canis aureus*, Linnée, dans l'île de Meleda, et du singe Magot (*Jnuus*) sur le rocher de Gibraltar, l'ancienne existence du Lion en Grèce (?), la disparition du Loup en Angleterre, celle du Cerf à bois gigantesque en Europe (1), l'extirpation presque complète, en Europe, du *Bos Urus*, confiné dans la forêt de Bialowicz, en Lithuanie; le Castor, jadis fréquent en Europe, devenu extrêmement rare; la Tortue d'Europe, le Bouquetin, la Loutre, le Lynx, devenant tous les jours moins fréquents; le Dronte, qui a disparu, il y a un siècle, de l'île Maurice et dont les ossements auraient été retrouvés dans des cavernes, à moins qu'ils n'appartiennent au Solitaire (2), etc.

Pour plus de détails, voy. *Mém.* sur la distribution géographique des animaux vertébrés, moins les oiseaux; par Desmoulins. (*J. de Phys.* 1822). *Uber die geographische Vertheilung der Saugethiere*; par J. Minding, Berlin, 1829. in-4°. *Synopsis animalium et conspect. distributionis geographicæ*; par M. J. A. Fischer, Stuttgardt, 1831, in-8°. La distribution géographique des mammifères; par M. Lesson, (Voyage du capit. Duperrey, chap. 2,

(1) Voy. *Mém.* de M. Hibbert (*Edinb. j. of sc.*, vol. 6., p. 103, ou *J. de Géolog.*, vol. 1, p. 261).

(2) Voy. *Mém.* de M. de Blainville (*Nouv. Annal. du Musée*, 1835).

p. 117). La mammalogie de M. Desmarest et celle de M. Lesson. L'article de géographie zoologique dans le *Dictionnaire class. d'hist. nat.*, vol. 7, p. 290 à 300. *Principles of geology* de M. Lyell, 1re édit., vol. 2; 3e édit., vol. 3.

§ II. Cétacés.

Les *Cétacés* existent dans toutes les mers, il y en a qui remontent fort loin dans les rivières, comme dans celles de l'Amérique du sud.

M. Lesson croit pouvoir grouper les Phoques en atlantiques du pôle boréal, en arctiques de l'océan pacifique et antarctiques. Sous l'équateur et entre les tropiques, il n'y en a que des espèces isolées ou solitaires. Les grands Cétacés habitant les mers polaires opposées paraissent d'espèces différentes.

Voyez pour plus de détails, *Dict. class. d'hist. nat.*, vol. 13, p. 409.

§ III. Oiseaux.

Comme il y a peu d'ossements fossiles d'*Oiseaux*, la distribution géographique des espèces vivantes actuellement, est surtout intéressante pour le géologue, sous d'autres rapports, savoir : par l'espace occupé par une même espèce, par les migrations d'un grand nombre et par la considération qu'ils ont été et sont encore un véhicule puissant pour le transport lointain de beaucoup de graines végétales; ils ont pu ainsi couvrir de plantes des terres nouvellement émergées.

S'il y a des oiseaux cosmopolites, il y en a d'autres dont la région d'habitation est bien limitée, et on trouve aisément à établir des groupements géographiques d'espèces. Ainsi les Colibris et les Oiseaux-Mouches sont en Amérique, l'Autruche en Afrique, l'Albatros est

près du Cap, les oiseaux de Paradis sont propres aux archipels de l'Asie, le Condor est dans l'Amérique, etc. Le Nandou représente en Amérique le Casoar indien et l'Autruche. Les plumages les plus brillants se trouvent dans les pays entre les tropiques, les Perroquets, les Toucans, etc., en sont des exemples.

Consultez à cet égard, un mémoire; par M. Illiger (*Abh. d. Akad. d. Wiss. zu. Berlin.*, 1806, p. 236, et 1812 à 13, p. 221, et *Mém.* de MM. Lesson. (*Voy. de la Coquille*, chap. 5 ou *Annal. des Sc. nat.*, vol. 6. p. 88). Quoy et Gaimard (*dito.* vol. 4, p. 474; vol. 5, p. 123 et 476, vol. 6, p. 138, ou le *Voyage du cap. Freycinet*, chap. 4 et 6).

§ IV. Reptiles.

La paléontologie nous apprend qu'il y avait autrefois beaucoup plus de *Reptiles* qu'à présent, en proportion des autres animaux, car leurs débris fossiles sont très nombreux, et leurs excréments étant composés, en grande partie, de phosphate de chaux, ils ont pu se conserver dans les couches où ils forment les *Coprolites* des dépôts littoraux. Cette abondance d'amphibies est venue probablement de la plus grande chaleur, qui régnait à la surface du globe, puisque nous observons encore le nombre de ces êtres augmenter des pôles vers l'équateur. Comme ce sont les animaux qui se déplacent le plus difficilement de tous et que leurs demeures sont extrêmement restreintes, il n'est pas étonnant qu'il en soit disparu un si grand nombre.

Tout le monde sait que le Crocodile commun habite le Nil, le Caïman l'Amérique, les Gavials les grands fleuves de l'Indostan, un Monitor particulier la Nouvelle-Hollande, etc.

Les Boas d'Amérique sont représentés aux Indes par le Python. L'Amérique est le pays des serpents à sonnettes et du Trigonocéphale fer de lance, l'Afrique celui du *Cerastes*, l'Asie du *Cobra di Capello*. Les Sirènes sont américaines, le Protée anguin est propre à l'Autriche, le Basilic aux Moluques, le Crapaud commun appartient à l'Europe occidentale, les Caméléons ne se trouvent que dans l'Ancien-Monde. L'existence du Caméléon en Andalousie est un de ces faits qui, joint à d'autres, tendent à prouver l'ancienne liaison de l'Afrique et de l'Espagne.

On sait aussi que certains parages abondent en Tortues, et qu'il y en a des espèces de grandeurs énormes. En général, la zone équatoriale est infiniment plus riche en reptiles de grande taille et venimeux, que la zone tempérée et surtout que la zone boréale. La Vipère disparait même avant la limite méridionale de cette dernière.

Parmi les Reptiles, les Crocodiloïdiens sont les plus intéressants pour la comparaison qu'on peut établir entre les reptiles vivants et les reptiles fossiles, néanmoins comme des couches secondaires très anciennes en recèlent déjà, aucune des espèces vivantes ne peut donner une idée parfaite de plusieurs genres et des espèces fossiles. Ce n'est pas seulement la taille qui est prodigieusement différente, mais il paraîtrait que beaucoup de ces énormes monstres marins ou fluviatiles (Plesiosaures, Géosaures, Mososaures, Mégalosaures, etc.), que la paléontologie nous a fait connaître, servent à lier la classe des poissons à celle des reptiles plus intimement que cela n'a lieu aujourd'hui.

Une autre considération intéressante dans les reptiles, c'est leurs excréments et les impressions que leur marche laisse sur le sable des rivages. Sous ce rapport, ces dernières années ont été fertiles en découvertes et nous ont

appris les mœurs de plusieurs êtres singuliers, mais ce sujet n'est encore qu'effleuré.

Consultez un Mémoire sur la distribution géogr. des Sauriens, par M. Wiegmann (*Isis*, 1299). Les Mém. de MM. Gaymard, (*Voyage du cap. Freycinet*, premier vol., chap. 8. et *Annal. des sc. nat.*, vol. 3, p. 411), et Lesson (*Voyage du cap. Duperrey*, ch. 10, p. 66).

§ V. Poissons.

Les *Poissons*, comme les autres animaux, ont aussi leur distribution particulière, quoiqu'il y en ait qui émigrent régulièrement, comme les oiseaux de passage, ou bien se déplacent accidentellement pour le temps de la ponte ou pour chercher une nourriture convenable.

Les poissons de la Méditerranée diffèrent de ceux de l'Océan comme de ceux du golfe Arabique et des mers des Indes. L'Atlantique ne nourrit pas les mêmes genres ou espèces que l'Océan pacifique. Le poisson volant est l'habitant des tropiques, la Silure électrique appartient à l'Amérique.

Pour la connaissance des poissons fossiles d'Europe, il paraîtrait que l'ichtyologie des mers Méditerranée, Indienne et de la Nouvelle-Hollande, est la plus importante; mais dans toutes les parties du globe on peut espérer de trouver quelques genres ou espèces utiles à connaître.

Comme pour les reptiles, l'ichtyologie fossile offre des types nouveaux qui viennent combler des lacunes dans la chaîne des êtres, et si on a trouvé des amphibies se rapprochant des poissons, dernièrement on a découvert des poissons faisant le passage aux reptiles, les *Megalichthys*, de M. Agassiz.

La géologie retirera aussi des lumières de l'étude spé-

ciale et comparative des poissons proprement lacustres ou fluviatiles et des poissons de mer, qui peuvent plus ou moins s'accommoder à vivre les premiers dans des eaux salées, et les seconds au milieu d'eau très peu saumâtre.

Voyez les Mém. de MM. Nouel, (*Phil. Mag.*, de Tilloch. vol. 10.) Macculloch. (*Quart. j. of. sc.* de Londres, vol. 17, p. 209; vol. 19, p. 237; vol. 24, p. 320 et 496) et Forbes, (*dito* vol. 21 p. 189). Un *Mém.* sur la différence de hauteur à laquelle on cesse de trouver des poissons dans les Andes et les Pyrénées; par M. de Humboldt, (*Annal. de Chim.* vol. 19, p. 308).

§ VI. Insectes.

La géographie des plantes détermine la distribution des *Insectes*, car ces derniers se nourrissent des végétaux ou bien ils font la chasse à leurs congénères. Chaque espèce et certains genres demandent une température déterminée, ce qui circonscrit les royaumes occupés par les divers insectes, et établit même pour eux, comme pour les plantes, des régions distinguées par leur hauteur relative au-dessus de la mer. Enfin un sol très varié, où il y a une humidité modérée et beaucoup de chaleur, est aussi favorable à la multiplicité des espèces d'insectes qu'à la végétation. Malheureusement la géographie des insectes est une étude bien moins avancée que celle des plantes.

Les insectes d'Europe et d'Afrique forment un contraste frappant avec ceux de l'Asie orientale et de la Chine, tandis que, comme les végétaux, les insectes des États-Unis ne diffèrent, surtout de ceux d'Europe, que par les espèces. En Groenland il n'y a encore que les espèces européennes. Dans l'Amérique méridionale, la Nouvelle-Grenade, le Pérou, la Guyane et le Brésil,

forment autant de régions, etc., pour les insectes comme pour les plantes.

Certains insectes peuvent servir à propager des végétaux, en en disséminant des graines.

Les insectes n'ayant pu que rarement se fossiliser, la connaissance de leur distribution géographique actuelle, suivant les degrés de latitude et de longitude, n'est utile que pour un très petit nombre de terrains, savoir : pour les dépôts de lignite tertiaire ou alluvial et les houilles, et quelques marnes tertiaires.

Les insectes ne se trouvent donc que dans les dépôts récents. L'entomologie de la région méditerranéenne devra offrir d'utiles points de comparaison pour les insectes fossiles de l'Europe. Dans d'autres continents il faudra probablement plutôt étudier ceux des zones équatoriales.

D'un autre côté, le géologue pourra tirer d'utiles inductions sur l'élévation de certains lieux, d'après les insectes qui y vivent, lorsqu'on aura établi leurs zones d'habitation en hauteur.

Voyez pour la géographie des insectes, l'art. de M. Latreille, (*Dict. class. d'hist. nat.*, vol. 7). *Mém. du Museum d'hist. nat.*, vol. 3, p. 37). *Mém.* de M. Reich (*Verh. d. Carol. Leop. Akad. d. Natur.*, vol. 16, part. 2, p. 305. La distribution géographique des Coléoptères, par M. J. Gistl, (*Faunus* et *Isis*, 1831, cah. 3). La distribution géographique des Coléoptères dans les Alpes de la Suisse, d'après les hauteurs relatives de leurs habitations; par M. Osw. Heer, (*Mittheil. a. d. Gebiet. d. theoret. Erdk.*), de Zurich., cah. 1, p. 36. L'influence des climats des Alpes sur la couleur des insectes; par le même (*idem*, cah. 2, p. 151).

§ VII. Crustacés.

Une étude plus importante pour le géologue est celle des *Crustacés* actuellement existant, surtout de ceux

vivant entre les tropiques et dans l'hémisphère austral, puisque les crustacés fossiles n'ont guère d'analogues que dans les mers ou les eaux équatoriales.

Dans ces derniers parages il y a plus d'espèces que les nôtres et surtout de belles et grandes espèces, et plusieurs genres particuliers.

Voyez à cet égard un Mém. de MM. Quoy et Gaymard (*Ann. des sc. nat*, vol. 14, p. 253).

§ VIII. Cirripèdes et Mollusques.

Les *Cirripèdes*, certaines *Annélides*, les *Mollusques* et les *Polypiers* sont les classes d'animaux dont l'histoire naturelle doit être la mieux connue au géologue. Les dépouilles de ces êtres abondent dans toutes les couches terrestres, à l'exception des roches volcaniques, elles forment même des rochers et des montagnes entières. Elles offrent une série non interrompue de termes comparatifs depuis les premières créations jusqu'aux temps actuels. Cette chaîne de monuments irrécusables peut se comparer, s'étudier dans ses rapports réciproques de formes, de localités et de dépendance, soit des phénomènes qui les ont ensevelis, soit des circonstances d'organisation, d'âge et d'habitudes des animaux auxquels ils appartenaient.

Dans les mers inter-tropicales les genres et les espèces de ces divers êtres sont plus nombreux et les espèces souvent plus grosses, comme pour les Lépadiens, etc.

Aucune partie de la terre n'est dépourvue de *Mollusques* marins, terrestres, lacustres ou fluviatiles, et la proportion des espèces est en rapport avec l'étendue des mers, des continents, des lacs et des fleuves. La plupart des familles de mollusques, un grand nombre

de genres et même beaucoup d'espèces appartiennent à toutes les mers et aux contrées les plus opposées.

Ainsi il existe partout des Poulpes, des Sèches, des Calmars, des Ascidies, des Térébratules, des Orbicules, des Cranies, des Huîtres, des Peignes, des Limes, des Moules, des Avicules, des Arcacées, des Saxicaves, des Mactres, des Pholades, des Tarets, etc., et il en est de même pour beaucoup de genres de Mollusques céphalés (Turbinacées, *Neritina*, etc.). Les *Bulla aperta* et *striata*, le *Turbo petrœus*, la *Succinea putris*, Lam., sont des espèces qui se rencontrent dans des régions très distantes. Cette communauté d'espèces a surtout lieu pour les mollusques des zones torride et tempérée. La *Janthina fragilis* en est un exemple.

En général, les œufs de certains mollusques s'attachant à divers corps, leurs espèces peuvent se disperser sur de grandes étendues de pays.

Le nombre des genres, surtout celui des espèces dans les genres, et le volume de celles-ci sont en raison directe de l'accroissement de la température; mais une foule d'espèces peuvent supporter une différence considérable à cet égard. Ainsi il y a certains genres qu'on ne trouve que dans certaines zones. Les Myes et les Solens à bords droits et parallèles abondent surtout dans les mers du Nord, tandis que l'Argonaute, les Solens ovales, les Spirules, les Vulselles, les Pernes, les Crénatules, habitent les mers chaudes; les Lingules et les Tridacnes sont propres aux parages de l'Inde; les Nautiles ne se trouvent que dans les mêmes mers et celle de la Nouvelle-Guinée; les Trigonies, les Camacés, vivent dans la zone australe; les Fistulanes, les Clavagelles et les Arrosoirs sont surtout des mollusques des zones équatoriales, où se trouvent groupés aussi la plupart des espèces de Mollusques céphalés des genres Pleurotome, Tonne,

Harpe, Vis, Mitre, Strombe, Cone, Olive, Porcelaine et Ovule. Parmi ces derniers, il n'y en a que très peu d'espèces dans les mers du Nord, et même qu'un petit nombre dans la Méditerranée.

D'une autre part, leur grandeur, comme la beauté respective des espèces et leur coloration, sont en raison de l'action solaire, plus ou moins forte, à laquelle les mollusques sont exposés. Ainsi les Auriculacés, les Bulimes, les Planorbes, les Physes de nos climats, sont plus petits que ceux de la zone torride, tandis que c'est tout le contraire pour les Lymnées, genre nombreux en espèces dans la zone tempérée boréale. Les Ascidies, les Polyplaxiphores, sont plus nombreuses et plus développées dans les mers équatoriales que dans les polaires, et les Biphores ne commencent à se montrer que dans les mers des régions tempérées.

Certains genres ou certains groupes sont affectés spécialement à telle ou telle contrée; ils y sont mélangés quelquefois avec certaines espèces caractéristiques, d'autres centres de création ou d'autres bassins. Ainsi les Limaces et les Testacelles de notre zone sont représentés, dans les climats chauds, par les Onchidies et les Parmacelles; les Cyrènes des Indes remplacent les Cyclades d'Europe; les Éthéries sont le propre des fleuves de l'Afrique inter-tropicale. Les grands lacs et les fleuves des États-Unis, offrent une plus grande variété de Bivalves et en particulier de Nayades que l'Europe, etc.

En résumé, les conditions de station étant semblables ou analogues, on retrouve souvent les mêmes types à de grandes distances; mais, pour les uns, ces conditions sont très bornées, pour d'autres, elles sont très étendues. L'analogie de station et de destination règle leur répartition.

Comme pour les plantes, la nature du sol exerce quel-

quefois une influence telle que certains mollusques vivent préférablement sur certains terrains que sur d'autres.

Les mollusques marins habitent à des profondeurs variées, il est donc très intéressant d'avoir à cet égard tous les renseignements possibles pour pouvoir ensuite les appliquer aux coquillages fossiles et diviser les sédiments en littoraux, pélagiques et sub-pélagiques, etc. Un bon nombre de mollusques s'attachent à des plantes, du bois, des polypiers, des crustacés, des rochers; d'autres perforent des polypiers, le bois, le calcaire ou le grès; enfin les fonds sableux, limoneux ou rocailleux ont chacun leurs habitants de cette classe d'êtres (1).

Certains mollusques vivant ordinairement dans les eaux douces, trouvent à s'accomoder çà et là d'eau saumâtre dans des lagunes (Venise), ou sur certains rivages (Baltique, en Livonie) : ce sont surtout des mollusques céphalés de la famille des Pèristomiens (Paludine), des Mélaniens (Mélanie), des Limnéens; et parmi les Mollusques acéphalés, les Naïades et les Cycladées.

Il y a encore des familles en général marines, dont certaines espèces habitent aussi les rivières; dans ce cas sont les Moules (Moule du Danube) (2). S'il est facile de distinguer les coquilles d'eau douce d'avec les marines, il n'en est pas toujours ainsi lorsqu'elles sont fossiles. Ainsi si des Éthéries bivalves des eaux douces d'Afrique étaient trouvées pétrifiées, on pourrait les confondre avec des Huîtres.

---

(1) Voyez le tableau dressé à ce sujet, par M. Broderip, *Research. in theor. Geology*; par M. De La Bèche, 1834 in-8°, p. 399).

(1) Voyez les expériences faites à cet égard, par M. Beudant (*Journal de Phys.*, vol. 83, p. 268; *Annal. de chimie*. vol. 2, p. 32 et une note *Journ. de phys.*, juillet 1812).

Une autre particularité de certains mollusques, c'est de s'accommoder à des eaux thermales. Ainsi le *Turbo thermalis*, espèce de paludine, vit dans des eaux ayant 40° R.; la *Neritina prevostiana* et le *Melanopsis Audebardi* vivent dans les eaux sulfureuses de Baden, en Autriche, ayant 20° R. On dit même avoir trouvé des coquilles vivantes sur des cendres volcaniques ayant 70° R.

Ces faits sont analogues à ce qu'on a observé dans les plantes. Ainsi il y a des Conferves (*C. alba et anonyma*) et des Oscillatoires (*O. labyrinthiformis*) dans les eaux chaudes de Bataglia, près de Padoue, qui ont une température de 35° à 50° R., et même certaines racines de phanérogames paraissent pouvoir supporter une chaleur de 54° R. (1). Je cite ces données comme pouvant trouver leur application pour les créations ultra-tropicales des premières époques du globe.

Un des points les plus essentiels pour le géologue voyageur c'est de tâcher de contribuer à apporter toute l'exactitude nécessaire dans la détermination des espèces de mollusques et de polypiers. Il faut, à ce sujet, non-seulement voir beaucoup d'individus de la même espèce, mais encore les observer sous divers climats ou différentes circonstances locales, afin de pouvoir apprécier, si c'est possible, les limites dans lesquelles on peut circonscrire les changements qui s'opèrent de cette manière dans leur têt ou demeure calcaire. Ce n'est qu'après être arrivé à ce point qu'on pourra porter un jugement sain sur cette masse immense d'espèces de coquillages fossiles qui ne cesse de s'augmenter journellement. Il est vrai que le nombre des espèces fossiles doit dépasser de beau-

(1) *De Thermis aponensibus in agro patavino*; par M. Andrejewski. Berlin, 1831, in-4°, p. 16.

coup celui des vivantes, puisque les premières sont les représentants de plusieurs époques; néanmoins ne multiplie-t-on pas déjà beaucoup trop les espèces fossiles d'une même époque?

Ensuite l'étude des mollusques vivants fournit aux géologues les analogues des êtres perdus, elle lui sert à fixer la température ancienne du pays, où il rencontre des coquillages fossiles, et elle lui fournit les moyens de dire si la mer ou les eaux douces l'ont recouvert jadis, ou s'il est à la place d'un delta de rivière.

Voyez pour plus de détails, l'article de M. de Férussac, sur la géographie des Mollusques (*Dict. class. d'Hist. nat.* vol. 7, p. 254, et la *Malacologie* de M. de Blainville, p. 173).

§ IX. Actinozoaires

Les *Actinozoaires* vivent constamment dans l'eau de mer, un très petit nombre sont littorales et sont à découvert pendant la basse marée. Ce sont surtout des espèces revêtues d'une enveloppe plus ou moins solide, comme les Astéries, les Sertulaires, les Flustres, etc.

Les eaux douces font périr la presque totalité de ces animaux, dont quelques Hydres, des Éponges et des Corynes, savent seuls s'adapter à ce milieu.

Les Actinozoaires vivent non loin des rivages, et s'ils ne se tiennent pas en haute mer, ils ne s'enfoncent pas jusqu'à une profondeur extrêmement considérable, puisqu'ils ont besoin de plus ou moins de lumière. Les uns habitent sur les varecs (Holothuries), et les autres sur les sables ou les rochers. Ces animaux sont répartis dans toutes les mers; néanmoins, comme les Annélides, les Cirrhipèdes et les Mollusques; ils deviennent plus abondants, à mesure que des pôles on se porte d'avantage vers l'équateur. Ils paraissent plus nombreux dans l'hémi-

sphère austral que dans l'océan boréale, et existent surtout dans la mer des Indes, la mer Rouge, le golfe Persique, et la mer Pacifique. Ainsi, si les Actinies, les Sertulaires, les Tubulaires, les Cellaires, sont également réparties dans toutes les mers, les Astéries et les Méduses sont plus abondantes dans la Méditerranée que dans l'Océan, plus encore dans ce dernier que dans la Manche et les mers du Nord. Les Madrépores, rares et petits dans les mers du Nord, augmentent en nombre et en taille dans la Méditerranée, et abondent dans la zone équatoriale. Les Corallaires et les Éponges sont dans le même cas.

Les *Radiaires*, forment une division des zoophytes qui s'offrant souvent pétrifiés, méritent une grande attention. Leur étude naturelle et paléontologique, comme celle de tous les zoophytes, est encore fort imparfaite. Cependant, il paraîtrait qu'il faut surtout étudier les Radiaires des zones équatoriales, méditerranéenne et indienne, au moins pour les fossiles d'Europe.

Si les *Polypiers* se prêtent aux mêmes applications que les mollusques, ils présentent de plus la circonstance de former sous nos yeux de véritables rochers sur la place où ils vivent, tandis que les dépouilles des mollusques ne produisent guère de couches semblables que par la voie du charriage, et loin de leur habitation originaire. C'est donc au géologue à suivre ces petits êtres dans ce travail graduel, qu'ils élèvent depuis les profondeurs des mers sur des cimes volcaniques ou des crêtes de rochers sous-marins. C'est à lui à décrire les phases successives de cette formation toute animale, savoir, des récifs linéaires, ou plutôt circulaires, des îles ébauchées avec des canaux et un bassin d'eau médian qui se comble petit à petit, des îles toutes composées de polypiers sortant à peine de l'eau, décrivant des sinuosités et couvertes d'une chétive végétation, enfin des îles semblables émer-

gées et quelquefois avec un point volcanique central.

C'est entre les tropiques, et surtout dans la mer Pacifique, que ces terres fermes se forment actuellement avec le plus d'activité. La matière animale diminue petit à petit, la pression augmente la densité des masses et le fluide aqueux introduit de la matière calcaire dans les interstices.

C'est aussi dans ces régions qu'il convient surtout d'étudier les genres et les espèces de Zoophytes, pour pouvoir les comparer aux Polypiers fossiles. Comme ces derniers existent dans tous les dépôts, leur étude complète devra donner dans la suite au géologue-paléontologue, relativement à la détermination de l'âge des dépôts, des indications même plus précises que la conchiliologie. Néanmoins, les polypiers seront toujours plus difficiles à étudier.

Voyez pour plus de détails un tableau de la distribution géographique des polypiers ; par MM. Quoy et Gaimard (*Annal. des Sc. nat.* vol. 14, p. 250, et *Voyage du* Cap. Freycinet).

Mém. sur quelques faits zoologiques applicables à la théorie du globe; par Péron (*Jour. de Phys.*, vol. 59, p. 463). Considérations à cet égard, par Lamarck (*Annal. du Musée*, vol. 6, p. 26, et les indications de Forster et Forskal.

Il faut comparer à ces mémoires les suivants : Mémoires sur l'accroissement des polypes lithophytes; par MM. Quoy et Guaymard (*Annal. d. Sc. nat.*, vol. 6, p. 273). Mém. de M. Eschscholtz (*Voyage autour du monde*, de Kotzebue). Sur la nature et la formation des îles et des récifs de polypiers de la mer Rouge ; par M. Ehrenberg (*Abh. d. K. Acad. der Wiss. zu Berlin*, pour 1832, vol. 1, 1834). Observ. du capit. Beechey (*Voyage to the pacific ocean*, etc. *Principles of Geology*, etc., de M. Lyell. vol. p. 2, 1793). Esquisse d'une histoire des récifs et des îles de polypiers; par Sam. Stutchbury (*West of England. j. of sc. a. literat.*, n. 1, 1834, art. 3).

Quant aux *Animaux mous*, tant mollusques que zoophytes, le géologue doit prendre une idée des premiers, pour mieux comprendre la prodigieuse quantité d'êtres qui ont pu exister aux diverses époques géologiques, sans qu'il n'en reste de traces, à moins qu'on n'y doive voir l'origine des parties bitumineuses de certains dépôts. Il doit y avoir eu dans les anciennes mers plus de zoophytes sans têt ou demeure calcaire, que de mollusques nus.

Infusoires. L'histoire naturelle de ces animaux touche aux pseudozoaires de M. Blainville, et surtout aux mystères de la liaison du règne végétal et animal, et à ceux de la création des êtres.

Voyez pour les Infusoires et leur distribution géographique le travail de M. Ehrenberg. *Systematik u. geogr. Verhaltn. d. Infusionsthierchen*, Berlin ; 1830 , fol. avec 8 pl. col., et *Annal. d. Sc. nat.* Zoolog. Mars 1834, p. 129).

CHAPITRE XXIII.

Races humaines.

Le géologue appelé à parcourir des contrées étendues, rencontrera diverses peuplades ; il les verra habiter dans certains bassins, dans certaines vallées, dans certaines plaines ou dans des portions de pays moins bien limités. D'un autre part, le voyageur qui visitera des continents entiers et diverses parties de la terre, sera encore plus frappé des différences qui existent entre ses habitants. Or, cette circonstance naturelle si curieuse dépend autant de la manière dont ont été formées successivement les terres fermes, que des zones de climats qui diversifient le globe.

Le géologue a donc à étudier, d'abord combien on

peut distinguer d'espèces ou de races d'hommes sur le globe (1); quelles sont leurs couleurs, leurs formes, leurs caractères dictinctifs, leur distribution sur la terre, et leurs langues; il verra ensuite si ces races se divisent en tribus; si quelques-unes distinctes primitivement, se sont fondues ensemble dans certains points du globe; comment ces races se sont propagées et sont arrivées à occuper leur place géographique actuelle; s'il y a des races qui ont disparu depuis ou avant les temps historiques; s'il y en a qui s'éteignent, etc. Il doit ensuite examiner les changements que l'homme a apporté dans la distribution géographique des plantes et des animaux sur le globe.

Après avoir ainsi considéré l'homme pour ainsi dire sorti des mains de la nature, le géologue doit suivre chaque espèce dans ses développements de civilisation. Il aura à rechercher les causes qui ont retardé la reproduction et l'éducation des uns, et avancé celle des autres, et il pourra encore quelquefois reconnaître ces causes dans les lois de la géogénie. Ensuite il trouvera dans la marche progressive des races maintenant civilisées, une source féconde d'observations relativement à l'influence exercée par la structure du globe, sur la division d'une même race en peuplades très diverses, sur la distribution géographique de ces dernières, sur leurs différentes occupations, sur leur caractère respectif, sur les émigrations de quelques-unes, sur les routes que la topographie géologique a obligées celles-ci à suivre inévi-

(1) M. Isidore Geoffroy-St.-Hilaire en distingue au moins dix, savoir : les races caucasique, mongole, nègre, américaine, caffre, hottentote, mélanienne (Océanie), australasienne, hyperboréenne et malaise.

tablement, sur les points où elles ont dû nécessairement s'arrêter ou presque disparaître, sur les épidémies qui les ont visité, etc.

La géologie donne encore la clé de la place de toutes les grandes voies par lesquelles la civilisation a pénétré et pénètre encore graduellement chez les peuples. Il en résulte que le géologue comprend mieux que tout autre l'établissement des grandes routes et des canaux plutôt dans un sens que dans un autre. Il voit se lier ainsi non-seulement des provinces et des empires, mais encore des milliers d'établissements se former au moyen des richesses que recèlent le sol et qui ne pourraient pas être employées, faute de moyen de transport ou d'habitants.

Il comprend même mieux que l'historien les démêlés des peuples; car si leur sang a été prodigué trop souvent pour satisfaire l'ambition de quelques individus, il n'en est pas moins incontestable qu'il y a eu maintes guerres faites uniquement pour des motifs provenant de délimitations politiques contraires aux lois géologiques. C'est au moins les seules qu'on puisse appeler nationales, les autres n'étant que des guerres civiles, dont la stratagénie peut tout au plus avoir quelques rapports avec la géologie.

Jettant un regard dans l'avenir, le géologue trouve enfin les moyens de le prévoir. Tel peuple, maintenant très civilisé, pourra bien descendre dans l'échelle des progrès sociaux, par telle ou telle raison géologique, tandis que la situation centrale de tel autre, sa jeunesse, sa vigueur et la virginité de son sol lui promettent les destinées les plus heureuses. Ailleurs, le géologue peut marquer d'avance dans un pays sauvage les parties qui se civiliseront les premières, celles qui resteront le plus long-temps rebelles à la voix tutélaire de la nature, les

points qui deviendront les centres de la plus grande activité, les pays que l'ambition arrosera souvent du sang de leurs enfants, les maladies qui y domineront, etc.

Dans certains pays, la civilisation diminue à mesure qu'on passe des formations récentes aux terrains anciens. Plusieurs circonstances, en particulier celle de former des contrées montueuses, retarde en général la civilisation, ou du moins l'aisance, sur le sol cristallin et primaire, tandis que les terrains secondaires ont l'effet contraire.

La civilisation pénètre plus aisément dans les chaînes coupées par de profondes et larges vallées transversales, que dans celles où ces derniers sillons sont peu considérables relativement aux vallées longitudinales.

Toutes les grandes capitales et les points centraux du commerce sont établis sur le sol tertiaire ou bien sur un terrain alluvial, au débouché des fleuves dans la mer, ou au point de rencontre de plusieurs rivières.

Les contrées les plus visitées par le fléau de la guerre sont les pays de plaines ou de grandes montagnes, et surtout les parties centrales d'un continent, ainsi que les bords des grands fleuves.

Les maladies contagieuses, les fièvres, la fièvre jaune, le choléra, prédominent dans les plaines, sur les sols tertiaire et alluvial; plusieurs ne se propagent pas dans les montagnes, tandis que les maladies inflammatoires et nerveuses sont surtout celles que les médecins ont à combattre sur les terrains anciens redressés.

Les ouvrages récents à consulter sur les races humaines sont : les *Publications* de Blumenbach, de Meckel, etc. *Essai zoologique sur le genre humain*; par M. Bory St.-Vincent, Paris, 1827, 2 vol. in-8. *Hist. nat. des races humaines du N.-E. de*

l'Europe; de l'Asie boréale et orientale; et de l'Afrique australe; par Desmoulins, Paris; 1826, in-8°. *Hist. nat. du genre humain*; par M. Virey, deuxième édit., Paris, 1824, 3 vol. in-8°. Différents mémoires de MM. Garnot, Lesson, Quoy, Gaymard, etc.; soit dans les *Annal. des Sc. nat.*, vol. 7 et 10, soit dans les *Voyages autour du monde*; du cap. Duperrey, et d'autres navigateurs. *Le voyage médical autour du monde* exécuté sur la Coquille, etc.; par Lesson, Paris, 1827, in-8°. *Des caractères physiologiques des races humaines*; par M. W. F. Edwards, Paris, 1829, in-8°. *Atlas ethnographique du globe*, etc.; par M. Balbi, Paris, 1827, in-8°. Les mémoires et les ouvrages de M. Geoffroy-St.-Hilaire. Recherches philologiques et physiques, relativement à l'espèce humaine; par M. Pritchard (*Report of the first a. sec. meet. of the Brit. assoc.* 1833, p. 530, *Physical history of mankind*; par le même). Sur l'homme et le développement de ses facultés ou *Essais de physique sociale*; par M. Quetelet, Paris, 1835, 2 vol. in-8°.

TROISIÈME PARTIE.

GÉOGNOSIE GÉNÉRALE, OU EXAMEN DE LA COMPOSITION INTÉRIEURE DES MASSES MINÉRALES ET DE LEURS RAPPORTS GÉNÉRAUX.

CHAPITRE I.

Pétralogie.

L'examen complet de la composition des roches, est une des occupations les plus essentielles du géologue-voyageur; pour cela, il doit non seulement faire des observations sur les lieux mêmes, mais encore savoir choisir les échantillons les mieux caractérisés pour les conserver et pouvoir les examiner de nouveau, répéter leur analyse mécanique au microscope, d'après la méthode de M. Cordier, ou les analyser chimiquement, s'il est nécessaire.

Quoiqu'il y ait une assez grande quantité de roches, leur masse principale n'est pas composée d'un nombre considérable de minéraux. Beaucoup ne sont formées que par une seule espèce minérale; d'autres paraissent en apparence dans le même cas, tandis que le reste des roches est composé de différents minéraux réunis par voie de cristallisation ou d'agrégation plus ou moins mécanique et chimique.

Si la composition des roches est peu variée, leur nombre est assez grand en raison des proportions diverses

dans lesquelles les minéraux y sont combinés ensemble. Ensuite elles se distinguent par des différences de texture, de cassure, d'éclat, de couleur, de dureté, de raclure, de fusion, d'effervescence, avec les acides, etc., de manière que le géologue trouve à établir au moins 242 espèces et 53 sous-espèces.

§ I. Minéraux essentiels.

Dans les premiers voyages, si un géologue n'emporte pas avec lui un manuel de minéralogie, il m'a paru utile de faire un extrait d'une minéralogie, c'est-à-dire de noter les caractères principaux de la plus grande partie des minéraux, ou seulement de ceux qui sont rares, pour pouvoir consulter cet agenda dans l'occasion. D'après mon expérience, six feuilles de papier suffisent pour cela.

De tous les classements établis pour l'étude de la minéralogie, celui de M. Weiss, de Berlin, m'a paru le plus convenable pour un cours, parce qu'il donne la facilité de réunir la cristallographie et la chimie minéralogique aux groupements artificiels et naturels sur lesquels M. Mohs a basé uniquement son système. L'établissement rationnel de l'espèce minéralogique est le seul but de M. Weiss, qui ensuite groupe ses espèces de la manière naturelle dont elles frappent les yeux les moins exercés. Il chèrche seulement à faciliter au commençant l'étude de la science, et reconnaît que le chimiste, comme le crystallographe, doivent se construire chacun un classement particulier. M. Necker a eu un but semblable dans son traité récent sur le règne minéral. (Paris, 1835, 2 vol. in-8o.)

Voici ce système artificiel peu connu en France :

Premier ordre. *Minéraux oxydés.* — Familles du

Quarz, du Feldspath, du Scapolithe, des Haloïdes, de l'Amphigène, des Zéolithes, du Mica, de l'Amphibole, des Matières argileuses, du Grenat, des Gemmes et des Minéraux métalliques.

Second ordre. *Minéraux salins.*—Familles du Spath calcaire, du Fluore, de la Baryte, du Gipse et des Sels.

Troisième ordre. *Sels métalliques.*—Familles du Fer spathique, des Sels de cuivre et des Sels de plomb.

Quatrième ordre. *Minerais oxydés.* Familles du Fer oxydé, de l'Étain, du Manganèse, du Cuivre oxydulé, de l'Antimoine oxydé (*Weiss spiesglanzerz*).

Cinquième ordre. *Métaux natifs.*

Sixième ordre. *Sulfures metalliques.* — Familles des Pyrites, de la Galène, de l'Antimoine sulfuré, du Cuivre gris et de l'Argent sulfuré.

Septième ordre. *Minéraux inflammables.* — Familles du Soufre, du Diamant, des Charbons de terre, des Résines, des Sels inflammables.

Je ne crois devoir rappeler ici que les caractères d'une trentaine de minéraux qui se trouvent le plus fréquemment. Parmi eux, il y en a dont l'établissement, comme espèce, est récente, et dont la distribution, assez importante dans les roches, est encore très mal étudiée.

Feldspath, *Orthose* ou *Adulaire*. Clivages parallèles aux faces d'un prisme oblique rhomboïdal, le plus net correspondant aux faces P et T, très indistinct dans la direction de M; P ‖ M = 112° 15'; P ‖ T = 90°; M ‖ T = 60°. D'après Hauy, minéral cristallisant en prisme oblique rhomboïdal, dont les angles sont environ 120° et 60° et les côtes dans le rapport de 1 : 2. M ‖ P = 90°; M ‖ T = 120°; P ‖ T = 68° 20'.

Rayant l'apatite, rayé par le quarz, poussière blanche grise.

Pesanteur spécifique, 2,59 à 2,55.

Sur du charbon et dans un bon feu il devient vitreux, demi-translucide et blanc; il est difficilement fusible sur les bords en un verre bulleux demi-transparent. Avec du verre de borax, lentement fusible sans bullosités en un verre transparent. Le phosphate double de soude et d'ammoniaque ne l'attaque que difficilement; en poussière, il est décomposé en laissant un résidu siliceux. Avec la soude, donnant lentement, et avec effervescence, un verre incolore et très difficilement fusible. La solution de cobalt ne colore en bleu que les bords fondus. Inattaquable par les acides.

Cassure variant depuis la cassure inégale à celle qui est conchoïde, imparfaite et même esquilleuse dans le pétrosilex.

Il se distingue du corindon par une moindre dureté, et je vais donner, plus bas, les moyens de le distinguer de l'albite, du labradorite et du péricline.

Albite. Trois clivages parallèles aux faces d'un prisme oblique, à base de parallélogramme obliquangle; clivage le plus net sur les faces P et T, clivage sur la face M moins parfait, mais toujours plus visible que sur la même face dans le feldspath; P ‖ M = 115°; P ‖ T = 86° 30'; M ‖ T = 62°.

Rayant l'apatite, rayé par le quarz hyalin, poussière blanche.

Pesanteur spécifique, 2,63 à 2,53; d'après M. Beudant, 2,61.

Fondant seule au chalumeau, comme le feldspath, on ne peut l'en distinguer qu'en employant du verre de borax mélangé d'oxyde de nickel; l'albite ne change pas la couleur brune du globule, tandis qu'avec le feldspath cette teinte passe au bleu ou au rouge-pourpre foncé.

Inattaquable par les acides, cassure imparfaitement conchoïde, inégale.

Lorsque le feldspath et l'albite forment la base d'une roche, on peut aisément les distinguer l'un de l'autre par les différences dans leur couleur, leur éclat, leur translucidité, leur état de décomposition, etc. Les macles sont très caractéristiques de l'albite.

Pericline (Syn. *Albite*, d'après M. Beudant). Clivages parallèles aux pans d'un prisme oblique à base de parallélogramme obliquangle, le plus indistinct sur les faces T; P ‖ M = 114° 17′; P ‖ T = 85° 6′, M ‖ T = 59° 42′.

Rayant l'apatite, rayé par le quarz.

Pesanteur spécifique : 2,56 jusqu'à 2 53.

De fines esquilles fondent assez difficilement en un verre bulleux demi transparent; du reste, les mêmes accidents de fusion que pour le feldspath.

Inattaquable par les acides. Cassure variant de la cassure inégale à la cassure esquilleuse.

Le clivage facile sur la face M permet de distinguer ce minéral du feldspath et de l'albite.

Oligoclase. Cristaux dérivant d'un prisme oblique à base de parallèlogramme obliquangle; P ‖ M = 93° 45′ et 86° 15′; P ‖ T = 115° 30′. Clivage parfait dans la direction de P, un peu moins parfait sur M et imparfait sur T.

Raye l'apatite.

Pesanteur spécifique : 2,64 à 2,66.

Plus fusible que le feldspath et avec boursoufflement. Cassure inégale ou conchoïde. Couleur blanche, grise ou verdâtre.

Labradorite (Syn. *Feldspath opalin*). Clivages sur toutes les faces d'un prisme oblique, à base de parallèlogramme obliquangle, le plus net sur la face P, le plus indistinct dans la direction correspondant à la face M; P ‖ M = 115°; P ‖ T = 85° 30′; M ‖ T = 119°. Les faces T présentent le phénomène du chatoyement.

Rayant l'apatite, rayé par le quarz, ou moins dur que le feldspath.

Pesanteur spécifique, 2,70 à 2,751.

Se fondant dans le creuset de charbon en un verre compacte à cassure unie et brillante. Soluble par digestion dans l'acide hydrochlorique concentré.

Cassure variant entre la cassure inégale et la cassure conchoïde.

Le clivage parallèle à la face T est moins net que dans le feldspath et l'albite; au contraire, celui parallèle à M est plus net que dans le feldspath et très peu moins distinct que celui parallèle à T dans le même minéral; mais la fréquence des cristaux mâclés empêche souvent qu'on observe ce dernier clivage. Les cristaux du labradorite ayant en apparence les formes de ceux de l'albite sont très rares et ne se laissent pas mesurer. La pesanteur spécifique donne encore un caractère distinctif, entre le labradorite et le feldspath.

Saussurite (Syn. *Albite compacte* de M. Beudant). Dans les masses lamelleuses, clivages parallèles à un prisme rhomboïdal; M || M = 124° environ.

Raye le fluore, rayé par le quarz, très tenace, poussière de raclure blanche.

Pesanteur spécifique, 3,34.

Difficilement fusible en verre blanc ou en un verre un peu bulleux et assez clair, fondant avec le verre de borax en un verre tout-à-fait incolore. Cassure esquilleuse.

La pesanteur spécifique est le moyen le plus sûr de le distinguer d'avec le pétrosilex.

Anorthite. Cristaux dérivant d'un prisme oblique, à base de parallélogramme obliquangle, dont les faces latérales sont inclinées entre elles de 117° 48′ et 62° 32′, et sur la base de 94° 12′ et 85° 48′, 110° 57′ et 69° 3′. Sus-

ceptible de deux clivages nets, sous l'angle de 94° 12′ et de 85° 48′.

Rayant le verre et l'apatite, rayé par le quarz hyalin.

Pesanteur spécifique, 2,763.

Fusible en émail blanc, comme le feldspath; mais en y ajoutant de la soude, il se forme un globule non transparent, blanc, qui s'enfle et se boursouffle chaque fois qu'on ajoute de la soude, soluble par digestion dans l'acide hydrochlorique, solution donnant un précipité abondant avec l'oxalate d'ammoniaque. Cassure conchoïde.

Les deux clivages uniques peuvent servir à distinguer l'anorthite d'avec des variétés très transparentes d'albite, de feldspath, de labradorite et de péricline.

Triphane. Clivages parallèles aux pans d'un prisme rhomboïdal; M ∥ M = 79° 50′ environ, et P ∥ P = 145° 42′ environ, clivage le plus net parallèle à M.

Rayant l'apatite, rayé par le quarz et une pointe d'acier, poussière blanche.

Pesanteur spécifique, 3,19.

Fragments échauffés deviennent phosphorescents, se boursoufflent et fondent au chalumeau en un verre incolore. Traité avec la soude sur une feuille de platine, il produit une tache brune sur le métal. Très peu affecté par les acides. Cassure inégale, à petites lamelles ou esquilleuse. Couleur verdâtre ou grisâtre.

Pétalite. D'après M. Beudant, clivages parallèles aux pans d'un prisme rhomboïdal d'environ 137°, et 43°; d'après M. de Léonhard, clivages parallèles aux pans d'un prisme oblique à base de parallélogramme obliquangle; le plus distinct correspond à la face T, traces de clivages parallèlement à la face P; P ∥ T = 84° environ; M ∥ T = 63° à 61° 30′.

Raye l'apatite, rayé par le quarz, un peu plus dur que le feldspath, poussière blanche.

Pesanteur spécifique, 2,44.

Fusible au chalumeau comme le feldspath. Fragments échauffés offrant une phosphorescence bleuâtre. Inattaquable par les acides. Cassure conchoïde en petit ou esquilleuse. Couleur blanchâtre.

Andalousite (Syn. *Mâcle*). Minéral en prisme droit, à base carrée; M || M = 91° 32′ 56″; M || M′ = 88° 27′ 4″; clivages parallèles aux faces de la forme primitive, le plus net sur les faces M.

Raye le quarz, rayé par la topaze, poussière blanche.

Pesanteur spécifique, 3,10 à 3,16.

Infusible et blanchissant seulement au chalumeau, donnant avec le borax un verre incolore, avec le phosphate double de soude et d'ammoniaque, difficilement fondu, surtout sur les bords. Inattaquable par les acides.

Cassure inégale à petits grains, passant à la cassure esquilleuse. Couleur grise, verdâtre ou rougeâtre.

Paranthine (Syn. *Wernérite*, *Dipyre*, *Méionite*). Cristaux dérivant d'un prisme à base carrée, clivages plus ou moins nets, et en partie seulement visibles à la lumière, parallèlement aux faces latérales et aux diagonales des bases; traces de clivage dans la direction des faces P.

Raye l'apatite et le fluore, rayé par le feldspath, poussière blanche-grise.

Pesanteur spécifique, 2,72.

Fusible au chalumeau, avec boursoufflement, en un verre incolore et bulleux, ou une masse semblable à de la glace. Avec le verre de borax donnant avec boursoufflement un verre bulleux incolore ou blanchâtre. Cassure conchoïde passant à la cassure inégale. Décomposition particulière par la perte de son alcali.

Néphéline (Syn. *Élaéolithe*). Clivages parallèles aux

pans d'un prisme à base d'hexagone régulier, dont la hauteur est à l'apothème dans le rapport de $\sqrt{2}$ à $\sqrt{7}$. Clivage le plus facile sur les faces M.

Raye l'apatite, rayé par le quarz, poussière blanche.

Pesanteur spécifique, 2,56 à 2,76.

La néphéline des laves, placée sur le charbon, fond sur les bords sans boursouflement; elle ne donne pas de globule complet, mais seulement un verre incolore bulleux. Avec le verre de borax, elle se fond difficilement et sans boursoufflement en un verre incolore. Le phosphate double de soude et d'ammoniaque la décompose sans effervescence et en laissant un résidu siliceux. Traitée avec la soude, elle se tuméfie, et est fusible ensuite en verre incolore boursoufflé. La solution de cobalt colore en bleu-gris ses bords fondus.

La néphéline des siénites fond aisément sur le charbon et avec quelques boursoufflements en un verre incolore bulleux. Aisément fusible avec le verre de borax, avec un résidu demi-translucide, qui disparaît en continuant de souffler. La solution de cobalt colore en bleu ses bords fondus.

Soluble par la chaleur, en gelée dans l'acide muriatique; des esquilles demi-transparentes deviennent troubles dans l'acide nitrique.

Cassure conchoïde inégale ou conchoïde.

Elle se distingue de l'apatite par une dureté plus grande et ses propriétés au chalumeau. Le béril est plus dure, et le méionite offre d'autres propriétés au chalumeau.

Amphigène. (Syn. *Leucite*). Clivages parallèles aux faces d'un cube, mais rarement visibles et toujours imparfaits.

Raye l'apatite, rayé par le feldspath.

Pesanteur spécifique, 2,37 à 2,48.

Infusible sur le charbon, même en poussière, à moins qu'on y mêle un peu de carbonate de chaux, fusible difficilement avec le verre de borax en un verre incolore. Le phosphate double de soude et d'ammoniaque n'attaque que peu l'amphigène, soit en fragments, soit pulvérisé. Donnant avec la soude difficilement et avec boursoufflement un verre bulleux; avec la solution de cobalt, prenant sans fondre une belle couleur bleu. Soluble par digestion dans l'acide nitrique, avec un résidu siliceux.

Cassure conchoïde passant à la cassure inégale.

Il se distingue de l'analcime, parce que ce dernier se fond sans boursoufflement, et la néphéline montre d'autres propriétés au chalumeau.

Amphibole. Texture lamelleuse passant à la texture rayonnée et fibreuse. Clivages assez faciles parallèlement aux faces latérales d'un prisme oblique rhomboïdal; M ‖ M = 124° 34′; P = M = 103° 13′.

Raye le fluore, rayé par le quarz, poussière blanche, grise ou brunâtre, fusible avec boursoufflement en un verre noir, brillant; aisément fusible avec le borax en un verre peu coloré. Donnant, avec le phosphate double de soude et d'ammoniaque, un globule incolore renfermant un résidu siliceux, avec la soude, un verre trouble et peu fluide. Avec la solution de cobalt, ses bords fondus deviennent bleu foncé.

L'actinote fond, avec quelques boursoufflements, en un verre foncé; avec le borax il donne un verre clair, coloré légèrement par le fer; avec la soude un verre trouble, verdâtre. Avec la solution de cobalt, ses bords fondus deviennent rouges.

Inattaquable par les acides. Cassure inégale grossière ou fine, et approchant en partie de la cassure conchoïde. Couleur blanche, verte ou noire.

Il se distingue du pyroxène par un clivage plus facile

et plus net, et par des différences d'angle. La tourmaline en est bien distincte par ses propriétés électriques, par un clivage moins net et d'autres propriétés au chalumeau.

Pyroxène. Clivages assez parfaits, mais le plus souvent non continus, parallèlement aux faces d'un prisme oblique rhomboïdal; M=M = 87° 42'; P ‖ M = 101°5'; P ‖ M = 78. 55'.

Raye le fluore, rayé par le quarz, poussière grise.

Pesanteur specifique, 3,34.

Fusible avec quelques boursoufflements en un verre foncé. Donnant avec le borax un verre coloré par le fer; avec la soude, un verre difficilement fusible.

Inattaquable par les acides. Cassure inégale, passant à la cassure esquilleuse et conchoïde. Couleur blanche, verte ou noire.

Il se distingue de l'amphibole par un éclat moins grand dans les faces latérales mises au jour par le clivage, par l'angle différent sous lequel elles se coupent et par une fusion un peu plus difficile.

En 1831, M. Gustave Rose est venu proposer de réunir le pyroxène et l'amphibole en une espèce. Déjà, avant lui, M. Weiss avait signalé la liaison étroite des formes cristallines de ces minéraux. D'autre part, d'après les mesures faites au goniomètre à réflexion par MM. Mitscherlich, Kupffer et Nordenskiold, les angles des deux substances rentrent les uns dans les autres, et leur concordance est même plus grande qu'il est nécessaire pour caractériser une seule espèce, puisque des différences d'angle encore plus considérables sont produites dans d'autres minéraux par le remplacement d'éléments isomorphes. Les variations de la pesanteur spécifique ont la même origine. Il ne reste donc réellement qu'à expliquer chimiquement les proportions différentes de l'alumine, qui semble augmenter à proportion que la silice diminue.

Néanmoins, les formes affectées ordinairement par les deux minéraux paraissaient rester un point de repaire pour le géologue, mais M. Rose nous a enlevé cette dernière ressource par la description d'un minéral qu'il appelle *Ouralite*, et qui présente des cristaux à clivage et caractères extérieurs de l'amphibole, et ayant cependant les formes qu'on croyait propres au pyroxène. Le groupement régulier des cristaux des deux substances a lieu de manière que leurs axes sont parallèles, et que les arêtes à angle obtus de l'amphibole sont parallèles aux arêtes à angles aigus du pyroxène.

C'est dans le *Grunsteins* de l'Oural qu'il a fait cette découverte, et il a reconnu aussi des cristaux d'*Ouralite* avec un noyau de pyroxène. Ce minéral particulier existe encore à Arendal, en Norwège, dans les porphyres pyroxéniques du Tyrol, dans l'Indostan et en Corse, où le diallage vert ou smaragdite du *Verde di Corsica* ou de l'euphotide ne serait encore qu'un *Ouralite*.

M. Rose croit que les différences non essentielles existant entre le pyroxène et l'amphibole proviennent d'un refroidissement plus ou moins grand. Pour la production du premier minéral, il faut un refroidissement prompt; pour le second, plus de lenteur dans ce procédé. En effet, l'amphibole fondue seule ou avec du pyroxène prend la forme des cristaux de ce dernier, et les scories de hauts fourneaux n'offrent encore que du pyroxène. L'amphibole se trouve ordinairement mélangé avec des minéraux formés par un refroidissement lent, savoir : dans les siénites, les diorites, etc., avec le quarz, le feldspath, l'albite, le rhyacolite, etc., tandis que le pyroxène est souvent associé avec l'olivine, produite par un refroidissement prompt. Quand l'amphibole et le pyroxène sont réunis, les masses n'ont pas la même composition et ont une fusibilité différente; les moins

fusibles sont du pyroxène, les plus fusibles, de l'amphibole qui enveloppe le pyroxène.

Enfin M. Rose revient sur l'analogie très grande entre nos deux substances, l'hypersthène et le diallage, minéraux qui sembleraient former une grande espèce.

L'amphibole est caractérisé par les clivages parallèles aux pans d'un prisme de 124° 1/2, le pyroxène par ceux parallèles aux pans d'un prisme de 87° 1/2, l'hypersthène par les clivages parallèles aux pans du même prisme, et par un autre plus distinct, parallèle aux troncatures de l'arête aiguë, et le diallage par ce dernier clivage encore plus parfait. Ainsi M. Rose viendrait enlever aux géologues quatre moyens de distinguer des roches qui jouent des rôles importants et très différents dans la nature. Tout en reconnaissant l'utilité de ses recherches, le géologue doit s'efforcer de trouver de nouveaux moyens pour conserver ces points de reconnaissance (1).

Hypersthène (Syn. *Paulite*). Divisible en prismes rhomboïdaux droits d'environ 98_0 et 82_0. Clivages parallèles aux faces latérales et aux deux diagonales de la base; le plus visible est celui de la petite diagonale, celui de la face P n'est visible qu'à la lumière.

Raye l'apatite, rayé par le quarz, poussière grise-verte.

Pesanteur spécifique, 3,38.

Se fond sur le charbon en verre vert-grisâtre, et avec le borax en un verre verdâtre. Inattaquable par les acides. Couleur noire d'un éclat métalloïde bronzé.

Diallage (Syn. *Bronzite*). Clivable en deux directions, un clivage plus net que l'autre, angle des cli-

(1) Voyez *Annal. der Phys. et Chim. de Poggendorf*, vol. 22, p. 321; vol. 27, p. 96; vol. 31, p. 609.

vages = 94° ou 95°. Texture lamelleuse passant à la texture fibreuse.

Raye le fluore, rayé par le feldspath.

Pesanteur spécifique, 3,25.

Fusible facilement dans la pince de platine en un verre gris qui s'arrondit en boule, ou en verre blanc brunissant au feu d'oxydation. Le verre de borax le colorant en verdâtre.

Inattaquable par les acides. Cassure inégale esquilleuse. Couleur verdâtre ou brunâtre.

Il se distingue du diallage métalloïde par une différence dans l'angle des clivages, et dans la fusion au chalumeau et par une pesanteur spécifique moindre.

Obs. Je donne les caractères du diallage tels qu'on les trouve dans les auteurs les plus récents; mais si tout le monde admettait que le diallage vert est un Ouralite, ou du moins que beaucoup de variétés sont dans ce cas, il y aurait nécessairement des changements à introduire.

Schillerspath (Syn. *Diallage métalloïde*, Beudant). Clivages parallèles aux pans d'un prisme oblique rhomboïdal, clivage complet dans un sens et aisé; M ‖ T = 130° environ.

Raye le spath calcaire, rayé par le fluore, poussière blanche, grise ou jaunâtre.

Pesanteur spécifique, 2,69.

Dans la pince de platine, il prend au chalumeau une teinte brune et un éclat métallique; les bords des minces esquilles s'arrondissent. Placé sur du fil de platine, il est très difficilement fusible avec le borax, et décèle du fer. Avec le phosphate double de soude et d'ammoniaque, il est dissout en laissant un résidu siliceux. Avec la soude, il donne une scorie impure grise-jaunâtre.

Inattaquable dans les acides. Cassure inégale, passant à la cassure esquilleuse.

On le distingue de l'amphibole, du pyroxène et du mica, par la dureté et les caractères de fusion.

Anthophyllite. Divisible en prisme rhomboïdaux droits d'environ 116° et 74°. Clivages les plus nets sur les faces latérales, celui sur les faces P, seulement visible à une forte lumière de chandelle, clivages dans la direction des deux diagonales des faces P. Texture lamelleuse passant à la texture rayonnée.

Raye l'apatite, rayé par le quarz, poussière blanche.

Pesanteur spécifique, 3,12.

Infusible, difficilement fusible avec le borax en un verre verdâtre, avec la soude en une scorie. Inattaquable par les acides.

Cassure inégalement conchoïde ou inégale. Couleur brune, d'un éclat métalloïde bronzé.

Mica. Clivages seulement très faciles dans la direction d'un prisme rhomboïdal oblique ou droit, divisible en lamelles extrêmement minces; M || M = 120°; P || M = 68° 40'.

Raye facilement la sélénite, rayé par le spath calcaire, poussière blanche.

Pesanteur spécifique, 2,94 à 3,0.

Au chalumeau, il ne change pas de couleur ou devient blanc ou gris; il ne fond en blanc ou en un verre très blanc ou jaune-gris que sur les bords. Les micas à lithion sont fusibles plus aisément et avec boursoufflement avec le sulfate de potasse, ou le sulfate d'ammoniaque et le fluate de chaux, la flamme se colore en rouge pourpre. Il donne avec le borax un verre coloré par le manganèse, et plus souvent par le fer; avec le phosphate de soude et d'ammoniaque, il se décompose en laissant un squelette siliceux. Il se boursouffle avec la soude et donne une scorie d'abord verte, puis grise. Avec la solution du cobalt, on obtient un verre noire, ou bien

les bords fondus deviennent bleus. Du reste, les micas varient beaucoup en fusibilité, suivant les localités.

Inattaquable par les acides. Cassure conchoïde ou esquilleuse, mais rarement visible.

L'amphibole s'en distingue par un clivage différent et plus difficile, le disthène par plus de dureté et l'infusibilité au chalumeau, le fer oligiste par une raclure rouge et l'infusibilité au chalumeau, l'urane oxydé par sa dissolution dans l'acide nitrique, le graphite et le molybdène sulfuré, par l'écriture qu'on peut tracer avec ces minéraux sur le papier.

Pinite. D'après M. Beudant, cristaux dérivant d'un prisme rectangulaire droit; d'après M. de Léonhard, prisme hexagonal, clivages parallèles à ses pans, clivage le plus net correspondant à P.

Raye la sélénite, rayé par le fluore, poussière douce au toucher.

Pesanteur spécifique, 2,78 à 2,98.

Blanchissant au feu, se fondant sur les bords en verre blanc bulleux, donnant difficilement avec le borax un verre transparent verdâtre, avec la soude une globule scoriacée. Difficilement attaquable par les acides, et seulement en partie par l'acide hydrochlorique.

Cassure inégale à petits grains et passant à la cassure esquilleuse.

Quarz. Clivages parallèles aux faces d'un rhomboèdre, avec des angles de 94° 24′ et 85° 36′, clivages seulement visibles après l'avoir chauffé à rouge.

Il raye le feldspath, rayé par la topaze, poussière blanche.

Pesanteur spécifique, 2,69.

Infusible avec le borax, très lentement fusible en un verre incolore et difficile à fondre. Le phosphate double de soude et d'ammoniaque en dissout une très petite par-

tie. Avec la soude, donnant avec un fort boursoufflement un verre incolore. Inattaquable par les acides, excepté par l'acide fluorique.

Cassure conchoïde, passant à la cassure inégale et esquilleuse. Sa dureté, ses propriétés au chalumeau et avec les acides, servent à distinguer le quarz des minéraux qui en sont voisins.

Dichroïte (Syn. *Cordiérite*). Minéral en prisme à base d'hexagone régulier.

Raye le feldspath, rayé par la topaze.

Pesanteur spécifique, 2,58.

Acquérant l'électricité positive par le frottement, et la polarité électrique par la chaleur.

Difficilement fusible sur les bords en un émail gris-vert, un peu boursoufflé. Donnant, avec le borax, un verre incolore.

Inattaquable aux acides. Cassure conchoïde ou inégale. Couleur violâtre ou bleuâtre.

Epidote (d'après M. Beudant *Thallite*). Cristaux dérivant d'un prisme droit rectangulaire oblique dont la base est inclinée à l'axe de 115° 30°.

Pesanteur spécifique, 3,42.

Zoisite. Cristaux en prisme oblique dont la base est inclinée à l'axe de 116°, 40′. Clivable par deux plans parallèles, et aussi, suivant d'autres directions, inclinées sur les premières de 116°, 120° et 126°.

Pesanteur spécifique, 3,269 à 3,334.

Raye l'apatite, quelquefois le feldspath, rayé par le quarz, poussière blanche-grise.

Au chalumeau se boursoufle, s'exfolie dans le sens des clivages, se fond sur les bords en brun foncé, teinte qui passe au noir dans un feu plus vif, le verre s'arrondit sans couler. Donnant, avec le borax, un verre coloré par le fer. Inattaquable par les acides.

Cassure conchoïde, aplatie en petit, passant à la cassure inégale à grains fins et rarement à petites esquilles. Couleur blanche ou verte.

Obs. L'épidote manganésifère du Vicentin n'est qu'un silicate de manganèse.

Idocrase. Substance cristallisant dans le système prismatique à base carrée, cristaux dérivant d'un prisme dont la hauteur est au côté de la base dans le rapport de $\sqrt{8}$ à $\sqrt{7}$.

Outre les clivages parallèles aux pans du prisme, il y en a d'après les deux diagonales des faces P; mais dans beaucoup de cristaux ils ne sont que très peu nets.

Raye le feldspath, rayé par la topaze, poussière blanche.

Pesanteur spécifique, 3 à 3,45.

Fusible facilement, et avec boursoufflement, en un verre bulleux brunâtre ou verdâtre. Donnant, avec le borax, un verre clair coloré par le fer. Avec le phosphate de soude et d'ammoniaque, laissant un résidu siliceux. Le plus souvent soluble par digestion dans les acides.

Cassure conchoïde imparfaite passant à la cassure inégale.

Grenat. Minéral du système cubique, présentant pour formes dominantes le dodécaèdre rhomboïdal et le trapézoèdre. Clivages très rares.

Raye le feldspath, rayé par la topaze.

Pesanteur spécifique, 3,35 à 4,24.

Fusible quelquefois, avec quelque boursoufflement, en un globule vitreux ou lithoïde brunâtre ou noirâtre. Donnant, avec le borax, un verre verdâtre, et avec la soude, un globule noir; avec le phosphate double de soude et d'ammoniaque, laissant un résidu siliceux.

Après la fusion, très apte à former gelée avec les acides, mais différent du reste suivant les variétés : ainsi

le pyrope est insoluble, le mélanite est en tout ou en partie soluble dans l'acide hydrochlorique, le grossulaire ne l'est que par digestion, etc.

Cassure plus ou moins conchoïde passant à la cassure inégale, grossière ou fine. Couleur verdâtre, jaunâtre, rouge, rouge orangé ou violet, brune ou noire.

La staurotide et le zircon s'en distinguent par une dureté plus grande et leur système cristallin.

Tourmaline. Clivages parallèles aux pans d'un rhomboèdre de 133° 26′ et 46° 34′, et dans la direction des trois coupes verticales principales.

Raye le quarz, rayé par la topaze, poussière blanche.

Pesanteur spécifique, 3 à 3,42. Electrique par la chaleur.

La tourmaline noire fond sur le charbon avec un fort boursoufflement et blanchit; la partie boursoufflée se change difficilement en un globule demi-transparent jaune-gris. Avec le borax, elle donne, en se boursoufflant, un verre clair qui, tant qu'il est chaud, offre une légère coloration ferrugineuse; avec le phosphate double de soude et d'ammoniaque, elle fond aisément, se boursouffle et laisse un squelette siliceux; avec la soude, elle donne difficilement un verre difficile à fondre.

Cassure conchoïde en petit et imparfaite. Couleur incolore, rouge, violâtre, indigo, bleue, verte, jaune, brune et noire.

Wollastonite (Syn. *Tafelspath*). Clivable parallèlement aux pans d'un prisme rhomboïdal droit ou oblique de 95° 20′ et 84° 40′.

Raye le fluore, rayé par le feldspath, poussière blanche.

Pesanteur spécifique, 2,86.

Phosphorescent par frottement dans l'obscurité, et aussi par la chaleur.

Fusible avec difficulté sur les bords en un verre inco-

lore à demi-transparent. Donnant, avec le borax et le phosphate double de soude et d'ammoniaque, un verre incolore qui renferme un résidu siliceux lorsqu'on a employé le phosphate. Formant gelée avec l'acide nitrique, sans effervescence ni dégagement de gaz.

Cassure esquilleuse ou inégale. Couleur blanche ou jaunâtre.

Fer oxydulé. Cristaux du système cubique, clivage difficile, parallèlement aux faces d'un octaèdre régulier; $P \parallel P = 109° 28' 16''$.

Raye le fluore, rayé par le quarz, poussière noire.

Pesanteur spécifique, 4,74 à 5,09.

Très difficilement fusible; il devient brunâtre et perd ses propriétés d'attraction magnétique après avoir été exposé au feu. Inattaquable par l'acide nitrique, soluble par digestion dans l'acide hydrochlorique.

Cassure conchoïde passant à la cassure inégale à petits grains. Couleur noire de fer.

Le fer oligiste s'en distingue par son système cristallin différent, par la couleur rouge de sa raclure et l'absence des propriétés magnétiques. Le scheelin ferrugineux est plus pesant que le fer oxydulé, et donne une raclure brune-rouge.

Nigrine (Syn. *Fer titané*). Cristallisant en octaèdres réguliers.

Rayant l'apatite, rayé par le quarz, poussière noire.

Pesanteur spécifique, 3,26 à 4,89.

Attirable à l'aimant, infusible au chalumeau. Donnant, avec le borax, un verre noir-verdâtre, et, avec le phosphate double de soude et d'ammoniaque, un verre d'abord de la couleur de l'oxydule de fer, puis rouge.

Cassure conchoïde. Couleur noire.

§ II. Classification des roches.

Une description complète des roches ne peut entrer dans le cadre d'un Guide du géologue-voyageur. On doit étudier la science avant de se mettre en route; aussi je ne termine ce chapitre que par un tableau sommaire des roches qui composent, à ma connaissance, la croûte terrestre.

La pétralogie a suivi naturellement les progrès de la minéralogie. Vers la fin du siècle passé, on considérait bien plus les roches sous le point de vue géognostique, c'est-à-dire de leur position, que sous celui de leur nature. Or, cela provenait en partie de l'état imparfait de la science minéralogique, comme le prouvent bien les ouvrages d'Arduino, de Ferber, de Hacquet, de Fichtel, etc., publiés il y a soixante à soixante-dix ans. D'ailleurs, les classements étaient faits presque uniquement par des Allemands, pour qui le mot *Gebirgsart*, roche, est une dénomination dont l'acception peut s'étendre à celui de dépôt ou même de terrain. On avait ainsi les classifications de Werner (1) ou de ses disciples, de Haidinger (2), et du judicieux Voigt (3), et l'*Essai sur l'histoire naturelle des roches*, par de Launay (Bruxelles et Paris 1786), dernier ouvrage qui était le seul purement minéralogique.

---

(1) *Kurze Klassification u. Beschreibung d. verschiedenen Gebirgsarten.* Dresde, 1787, in-4°.

(2) *Systematische Eintheilung der Gebirgsarten.* St.-Pétersbourg, 1786, in-4°; 2ᵉ édit., Vienne, 1787, in-4°.

(3) *Erklarendes Verzeichniss e. Sammlung von Gebirgsarten.* Leipzig, 1787; 2ᵉ édit., Weimar, 1792; 3ᵉ édit., 1799; 4ᵉ édit., 1805, in-8°.

Vers la même époque, Faujas publia son *Histoire naturelle des roches de Trapp* (Paris, 1788, in-8°; 2ᵉ édit., 1813), et sa *Minéralogie des volcans* (Paris, 1783, in-8°), qu'il complèta plus tard dans sa *Classification des produits volcaniques* (*Annal. du Mus.*), et son *Système minéralogique des volcans* (Paris, 1819, in-8°).

Saussure et Dolomieu s'occupèrent aussi de la distinction des roches; ils en déterminèrent de nouvelles espèces, et Dolomieu donna même une distribution méthodique des matières qui composent les montagnes volcaniques, et un mémoire sur les pierres composées (*J. de Phys.*, 1791, vol. 39, p. 374, et 1792, vol. 40, p. 41, 203 et 372.)

Durant les dix premières années de ce siècle, on suivit la classification des roches de l'école de Freyberg, et les géologues firent peu d'attention à la *Pétralogie*, ou *Traité minéralogique des roches*, par J. Pinkerton (Londres, 1802; 2ᵉ édit., 1811, 2 vol. in-8ᵉ), et à l'extrait qu'en donna M. Jansen (1).

Vers la même époque, M. Hauy proposa une classification des roches reproduite par MM. Tondi, Lucas et Brard.

En 1813, M. Al. Brongniart publia sa *Classification des roches mélangées* (*J. des Mines*, vol. 34, n° 199), ouvrage qu'il a perfectionné en 1827 (2). Cet essai fit sensation, parce qu'un pareil ouvrage manquait à la science; aussi doit-on bien regretter que toutes les innovations proposées ne pouvaient pas être acceptées, parce

(1) *Esquisse d'une nouvelle Classification de Minéralogie*, Paris, 1803, in-8.

(2) *Classification et caractères minéralogiques des roches homogènes et hétérogènes.*

que quelques-unes étaient plutôt calquées sur des tableaux de cabinet que sur ceux de la nature. Si on aimait à reconnaître d'utiles distinctions dans les roches de cristallisation, celles établies pour les masses agrégées étaient surtout inapplicables dans la pratique, et il y avait de plus des transpositions malencontreuses dans l'acception de certains noms généralement adoptés pour des roches bien connues (1). Enfin on aurait pu désirer

(1) La *nomenclature géologique* rationnelle des roches date de l'établissement de l'Ecole de Freyberg ; mais M. Jameson, et surtout MM. De Buch, Brochant, Haüy, Brongniart et Cordier l'ont perfectionnée. Les dénominations proposées par ces savants sont adoptées partout ; il n'y a plus que les Anglais ou l'école de Londres qui s'écartent souvent du langage classique, pour employer des noms provinciaux ou de carriers, ou même pour donner deux acceptions aux mêmes mots. Ainsi *Argillaceons slate*, est employé quelquefois au lieu de *Slate clay* pour indiquer de l'argile schisteuse, et d'autres fois pour *Clay slate*, schiste argileux.

Cette incorrectiou dans le langage a pour conséquence de rendre certains détails inintelligibles pour les étrangers, car aucun dictionnaire ne recèle de pareils termes ; puis en général comme on juge l'éducation d'un individu par son parler, de même on peut être tenté de prendre le style du géologue comme thermomètre de son savoir.

En attendant une réforme à cet égard, je crois utile de donner les explicaiions des termes suivants : *Chert*, roche silicifiée ; calcaire très siliceux, silex corné grossier. — *Scalp* calcaire de montagne siliceux. — *Grit*, grès à ciment calcaire ou argileux. — *Millstone grit*, grès grossier quelquefois employé comme meulière. — *Freestone*, grès souvent bon pour la bâtisse, synonyme de moellons. — *Grindstone sill*, grès schisteux et assez fin. — *Flags*, schiste arénacé primaire.—*Post* et *post girdles*, grès divers quelquefois houillers. — *Plate* ou *shale*, argile ou marne schis-

que l'auteur se fut mis davantage d'accord avec le classement des roches qu'avait tenté M. Hauy, dans la deuxième édition de sa *Minéralogie* (1820).

Si malheureusement M. Brongniart ne pût réussir à renouveler la nomenclature des roches, il eût cependant le plaisir de voir son système exposé par M. de Bonnard (art. *Roches*, *Dict. d'Hist. nat.*, de Déterville, vol. 30, 1819), et par M. Brard, dans ses *Nouveaux Éléments de Minéralogie* (1824), et en grande partie par M. Huot (*Encyclop. méthod. géogr., phys.*, vol. 5).

Ce qui contribua à contre-balancer l'influence innovatrice de M. Brongniart, ce fut le mode différent de classement suivi par M. Brochant dans ses cours de géologie à l'Ecole des Mines. Ce dernier savant tâchait de tenir un juste milieu entre Werner et M. Brongniart, c'est-à-dire, entre un exposé des roches considérées géologiquement, et un classement simplement minéralogique. Il avait compris qu'il ne fallait pas tenir pédantiquement à une des deux méthodes, mais que

---

teuse. — *Great slate*, argile schisteuse. — *Killas*, grauwacke, schiste argileux, schisto-argilo-talqueux et hornfels. — *Whin*, trapp ou roches feldspathiques ou pyroxéniques de plusieurs âges. — *Toadstone*, aphanite ou trapp amygdalaire. — *Trapp* et *Greenstone*, dolérites, diorites, sélagites, euphotides, porphyres diallagiques, feldspaths compactes foncés et quelques basaltes. — *Elvan*, porphyre quarzifère ou eurite.— *Silt*, limon fluviatile. — *Lode*, filons en partie avec leurs épontes métallifères.—*Strike*, direction des plans de stratification des couches. — *Seam*, affleurement des plans de stratification des couches. — *Outlier*, affleurement. (Pour plus de détails, voyez un mémoire *Archiv. f. Mineral.*, vol. 5, cah. 2, p. 441, et pour les termes allemands, *Dict. all. franc. des termes propres à l'exploitation des mines*, etc., par M. Beurard. Paris, 1809.)

l'étude des roches demandait de marier convenablement ensemble les deux systèmes, pour produire ainsi un classement moins logique il est vrai, mais plus adapté à la science dont on voulait enseigner les bases.

En effet, en géologie, l'examen de beaucoup de roches, et surtout de celles qui sont agrégées, ne peut pas se séparer de la connaissance de leur gisement, quoiqu'on puisse étudier leurs minéraux isolément, ou faire de la minéralogie pure.

M. Cordier, tout en paraissant partager les idées de M. Brochant, avait montré, dans son mémoire sur les roches volcaniques (*J. de Phys.*, 1816), une propension plus grande à établir de nouvelles espèces de roches, et surtout de nouveaux noms. Ce n'est qu'après sa nomination au professorat qu'il exposa complètement ses idées sur le classement des roches en classes, en ordres, en genres, en sections, en espèces et variétés.

On reconnut dans cet essai autant le minéralogiste exercé que le géologue ayant vu la nature. L'auteur avait emprunté habilement à M. Hauy certaines innovations pour les roches cristallines; il y avait joint les siennes propres sur les roches volcaniques, et il avait été le premier à faire entrer dans un tableau de roches aussi bien les masses désagrégées que celles qui sont décomposées.

La science lui doit de la reconnaissance pour ce travail; mais il lui aurait été encore plus utile s'il avait voulu prendre la peine de publier lui-même sa classification. Or il n'en a pas été ainsi; tout ce que nous possédons à cet égard se réduit à deux exposés succincts, l'un en italien, par Maraschini, dans la *Bibliothèque italienne* de Milan, pour 1823, et l'autre en français, par M. Kleinschrod, dans le *Journal de minéralogie* de M. de Léonhard, pour 1831 (cah. 1).

Dans ce dernier, on voit que M. Cordier s'est rap-

proché encore davantage des idées de M. Brochant, puisque les roches sont divisées en familles, en ordres, en genres et en espèces; mais, au lieu de faire deux classes distinctes des roches conglomérées et des roches cristallines, il place sous chaque ordre les masses cristallines et agrégées qui s'y rapportent.

Récemment, M. d'Omalius a donné un tableau méthodique des roches dans ses *Elémens de géologie*. M. Burat a exposé les roches environ dans l'esprit de M. Brochant, tandis que M. Walchner est entré plutôt dans les vues de M. Cordier (1). Du reste, à l'exception de quelques essais partiels, tels que ceux de MM. Beudant, Scrope (2) et Burat (3), pour les roches volcaniques, il n'y a que M. de Léonhard qui ait fait une tentative originale d'un classement général. Ce savant a fondé ses divisions sur la structure des roches, et a publié de 1823 à 1824, et sous le titre *Zur Charakteristik der Felsarten* (Heidelberg, 3 part. 8°), un traité complet et rempli de renseignements précis, de manière qu'il sera toujours consulté avec fruit, lors même qu'on ne partagerait pas les idées de classement de l'auteur.

En Angleterre, feu M. Macculloch, savant écossais, a eu la prétention de donner une classification géologique des roches (Londres, 1821, 1 vol. in-8°); mais, comme dans ses autres ouvrages, on n'y reconnaît qu'un habile géologue des terrains anciens et basaltiques, bon chimiste et minéralogiste, mais très peu versé dans l'étude des autres formations, et ignorant ou voulant ignorer pres-

(1) *Handbuch d. ges. Mineralogie*, vol. 2.

(2) *Mem. on the geologr of central France*, et *Quart. J. of Sc.*, vol. 21, n° 42, p. 216.

(3) *Les Terrains volcaniques de la France centrale.*

que complètement les découvertes des géologues de l'Europe continentale, et même celles des Anglais. Son ouvrage n'est donc qu'une portion d'un traité s'appliquant uniquement à l'Écosse, et non achevé par bizarrerie de caractère, et probablement au détriment des progrès de la science.

Le tableau des roches que je fais suivre ici est calqué à peu de chose près sur celui de M. Cordier ; mais je continue à séparer les roches cristallines de celles qui sont agrégées, et j'ajoute diverses modifications, décompositions et altérations de roches que j'ai pu observer, et que je crois essentielles de signaler. Quelques indications de localités m'ont paru nécessaires, soit comme preuves de la véracité de mes assertions, soit comme renseignemens utiles aux voyageurs.

TABLEAU MINÉRALOGIQUE DES ROCHES.

I. ROCHES FELDSPATHIQUES.

A. *R. à base de feldspath lamelleux.*

Espèce 1. *Roche de feldspath lamelleux.*

Subst. accident. Stéatite, Quarz, etc.

Espèce 2. *Pegmatite* ou Granite graphique (Syn. *Schriftgranit*).

Déf. Feldspath lamelleux avec des cristaux imparfaits de quarz, qui forment des lignes brisées, et ayant quelque ressemblance avec des caractères hébraïques.

Var. Commune, micacée, à feldspath chatoyant ou pierre de lune (Ceylan), décomposée ou sous la forme de *caolin* ou de petunze (Limoges, Hafnerzell, près de Passau).

Subst. accid. Grenat, Topaze, Beryl, Cymophane, Tourmaline, etc.

Cette roche passe au granite.

Espèce 3. *Leptynite* (Syn. *Weisstein*, *Whitestone*, *Granulite*, Léonh.).

Déf. Feldspath (Orthose) granuleux ou lamellaire, ou en grains très fins, blanc, jaune, gris ou rouge, avec des grains de quarz, quelques lamelles de mica, et fréquemment de petits cristaux de grenat, de disthène, et rarement d'amphibole (Erzgebirge, Moelk en Basse-Autriche, Moravie, Suède.)

Var. Massif, schistoïde au moyen de mica, ou par des lamelles quarzeuses non continues.

Subst. accid. Amphibole, Actinote, Talc, Serpentine cristallisée, Cuivre pyriteux.

Cette roche passe au gneiss.

Espèce 4. *Gneiss.*

Déf. Roche plus ou moins imparfaitement schisteuse, composée de plaques de feldspath (Orthose) et de quarz, plaques courtes, renflées et séparées par des lamelles de mica. Quelquefois le quarz disparait plus ou moins complètement.

Var. Feldspath, mica et quarz. Feldspath et mica. Commun, quarzeux, talqueux (Syn. *Protogine schisteuse*), amphibolique (Ecosse), quelquefois à zircon, porphyrique, graphiteux (Hafnerzell, Bavière), altéré ou décomposé, fragmentaire ou contenant des débris d'autres roches (Vosges, Forêt-Noire, Écosse).

Subst. accid. Quarz, Grenat, Tourmaline, Andalousite, Wernérite, Titane silicéo-calcaire, Corindon granulaire, Saphir, Spinelle, Dichroïte, Zircon, Essonite, Cryolite, Sodalite, Eudialite, Fer oxydulé, Pyrite aurifère, Pyrite arsénicale, etc.

Cette roche passe au micaschiste.

Espèce 5. *Hornfels* (Syn. certains *Killas* et *Eurites*).

Déf. Mélange plus ou moins invisible de quarz esquilleux et de feldspath, avec un peu de tourmaline ou de macle, et quelquefois avec du quarz et de l'amphibole visible.

Roche fondant en émail blanc.

Var. Compacte, schisteuse (Ecosse, Harz, Bretagne, Cima d'Asta).

Cette roche passe au schiste argileux et à la grauwacke schisteuse, dont elle n'est qu'une altération ignée.

Espèce 6. *Granite.*

Déf. Composé de feldspath (Orthose), de quarz et de mica, et à structure grenue, grossière ou fine.

Var. Commun, porphyrique, à cristaux d'albite (Baveno), à lépidolite (Rosena, en Moravie), avec topaze et tourmaline rouge, drusique (Baveno, Norwège), massif, delité en feuillets à la manière du phonolithe (île d'Arran, prismé (île de Mull), à structure globulaire concentrique et rayonnée (Loch, Silésie, Ecosse), altéré ou décomposé.

Subst. accid. Pinite, variété décomposée ou Oosite (Bade, pays de Bade), Triphane, Pétalite, Grenat, rarement Tourmaline, Amphibole, Talc, Chlorite, Stéatite, Mica et Quarz en rognons, Pyrite magnétique, Fer oxydulé et micacé, Etain oxydé, Molybdène sulfuré, Urane oxydé, Druses à laumonite, Albite, Feldspath, Wernérite, Quarz, Mica, Chlorite, etc.

Espèce 7. *Protogine* (Jurine) (Syn. une partie des *Granites veinés* de Saussure).

Déf. Feldspath (Orthose), talc ou chlorite et quarz. Structure grenue.

Var. Granitoïde, schisteuse (Syn. *Gneiss talqueux*, Mont-Blanc), glandulaire.

Subs. accid. Mica, Laumonite, Titane silicéo-calcaire, Molybdène sulfuré.

Espèce 8. *Siénite.*

Déf. Feldspath (Orthose surtout blanc, gris ou rouge) et amphibole noir ou vert foncé, quelquefois avec mica et même avec du quarz; dans ce dernier cas, roche appelée granitoïde.

Dans certaines siénites, le péricline s'associe au feldspath.

Var. Porphyrique, métallifère, platinifère (Colombie et Oural), ou aurifère (Schemnitz), à labradorite ou feldspath opalin (Norwège, Finlande), zirconienne (Norwège, Groenland), cellulaire, prismée (Craig of Ailsa, Ecosse), se délitant en feuillets.

Subst. accid. Quarz, Epidote (E. Scorza, Loch, Muska), Fer titané, Sphène. Dans la siénite zirconienne, Eléalolite, Bergmannite, Molybdène sulfuré, et des druses de Spath calcaire, d'Analcime, de Mésotype, etc.

B. *R. à base de feldspath compacte.*

Espèce 1. *Pétrosilex* ou *Feldspath compacte* (Syn. *Feldstein*), en partie de l'Orthose.

Sous-espèce 1. *Uniforme* (Echelles, près Luz), coloré par du fer, et à cristaux imparfaits de quarz ou d'amphibole entourés d'une auréole étoilée (monts Pentland, Ecosse).

Subst. accid. Talc, Mica, Grenat, Diallage.

Sous-espèce 2. *Quarzifère,* mélangé de quarz et difficilement fusible (Syn. une partie des *Hornstein* des Allemands).

Var. Jaspoïde ou corné (une partie des *Hornstone* des Anglais), zonaire de différentes couleurs.

Sous-espèce 3. Jadien ou *Jade*, mélange intime de feldspath et de talc.

Sous-espèce 4. *Amphibolique*, alors verdâtre et donnant un verre brun-noir.

Sous-espèce 5. *Pyroxénique* ou *Aphanite* mélangé de terre verte et de pyroxène, fondant en verre noir (Syn. certains *Trapps* des auteurs).

Subst. accid. Datolite (Gaisalp), Axinite, Idocrase (Pyrénées), Asbeste, Préhnite blanche, Stilbite, etc.

Sous-espèce 6. *Trapp variolaire* (Syn. certains *Blatterstein*) (Westphalie rhénane, Cumberland), à nœuds d'épidote, de spath calcaire, etc.

Espèce 2. *Argilolite* (Syn. une partie des *Thonstein* et *Claystone*), dont le reste ne sont que des agrégats feldspathiques très fins (monts Braidhills, Edimbourg).

Espèce 3. *Porphyre.*

Déf. Roche à base de feldspath compacte, à cristaux de feldspath orthose et quelquefois d'albite. D'après M. Beudant, la base est tantôt de l'orthose, tantôt de l'albite, tantôt divers silicates alumineux. Couleurs rouge, grise, brune, noire (Syn. certains *Mélaphyres*), ou verdâtre.

Sous-espèce A. P. *Commun*, cellulaire, amygdalaire, (à spath calcaire, quarz, calcédoine,) lithomarge (Litry, Edimbourg, etc.), décomposé.

2° *Micaeé.*

Var. Minette des Vosges.

3° *Quarzifère* (Tyrol), cellulaire (Litry), altéré ou décomposé en caolin (Halle, Prusse), aurifère (Transylvanie), à grenats (Loch, Ilfeld), à pyrites, etc.

4° *Jaspoïde* (Syn. *Eurite*, certains *Hornstein*).

5° *Semi-vitreux* (Ecosse, Weiselberg, près de Kusel, Palatinat du Rhin).

6° *Perlitique* (Sandybraë, Irlande, Arran, Trebisch-

thal). La structure cellulaire ou amygdalaire peut se joindre à ces dernières variétés.

Sous-espèce B. P. Globulaire ou globaire, ou *Pyroméride*.

Déf. Feldspath compacte et quarz, quelquefois avec du fer oxydulé, structure globulaire radiée (Corse, Frankenwald) (Voy. *J. de Min.*, vol. 35, p. 347 et 407).

Sous-espèce C. P. *Argilolitique* (Syn. une partie des *Argilophyres*, *Thonporphyre* et *Claystone porphyry*), cellulaire, amygdalaire, à cristaux de feldspath, changés en stéatite.

Sous-espèce D. P. *Siénitique*.

Déf. Pâte de feldspath compacte amphibolique, à cristaux de feldspath (Nagyag), ou porphyre ordinaire à cristaux d'amphibole (Inverary, Ecosse).

Quelquefois micacé.

Subst. accid. Epidote, Spath calcaire. Cette roche passe à la Siénite porphyrique.

Sous-espèce E. P. *Pyroxénique*.

Déf. Pâte de feldspath labradorite à cristaux de pyroxène (Tyrol méridional), ou porphyre à pâte colorée par le pyroxène, alors formant le *porphyre vert*.

Var. Cellulaire, amygdalaire (à calcédoine, zéo lithes, spath calcaire, terre verte, etc.)

Subst. accid. Pyrite, Ouralite (Miask).

Sous-espèce F. P. *Diallagique*.

Déf. Pâte feldspathique foncée à cristaux de diallage ou colorée en vert-noir par ce minéral (Gènes, Ligurie). Cette roche passe au variolite.

Sous-espèce G. *Trachyte*.

Déf. Feldspath compacte, subgranulaire ou grossier, titanifère, blanc, gris, rouge, violâtre.

Var. Compacte, granitoïde (solfatare de Pouzzole), quarzifère, siliceux, molaire (Secklerland), semi-vi-

treux (Mont-Dore) ou passage au rétinite, cellulaire, ponceux ou passage à la ponce, terreux ou *Domite*; dans ce cas, très âpre au toucher, gris, rouge, jaune ou blanc, et produit d'altération ignée, altéré (Budoshegy, Transylvanie), fragmentaire à fragments contemporains (mont Somathegy, Transylvanie).

Subst. accid. Mica, Amphibole, Quarz, Pyroxène, Grenat (au N.-O. de Bude), Epidote (Loch, Hongrie), etc.

Sous-espèce H. *Phonolithe* (Syn. *Klingstein*, *Clinkstone*).

Déf. Feldspath compacte et fer titané, cassure esquilleuse, roche sonore, couleur gris-verdâtre, brunâtre, brun-jaunâtre et noirâtre.

Var. Commune, variolaire, cellulaire, décomposée, variolaire décomposée dans le terrain houiller à Stair, en Ayrshire (Syn. *Honestone*).

Subst. accid. Pyroxène, Amphibole, Mica, Hauyne, Sphène (Mittelgebirge), petits filons de Natrolite, de Spath calcaire, de Fer hydraté, etc.

C. *R. à base de feldspath vitreux.*

Obs. Presque toujours mêlés de cristaux microscopiques.

Sous-espèce. 1. *Feldspath résinite* ou *rétinite* (Syn. *Pechstein*, *Pitchstone*), couleur vert clair ou foncé, jaune, rouge, brun et noir.

Var. Porphyrique, quarzifère (île d'Arran), globulaire à globules rayonnés (Arran, Trebischthal) ou passage au perlite, prismé (Arran), imparfaite ou intermédiaire entre la nature vitreuse et lithoïde, et, dans ce cas, quelquefois globulaire, cellulaire, à cristaux de rétinite (?) (Clachland, Arran).

Sous-espèce 2. *Obsidienne.*

Couleur noire, grise, chatoyante (Mexique), verte (Bohème).

Var. Massive, uniforme, porphyrique, quarzifère, globulaire ou tigrée (Lipari), filamenteuse (île Bourbon); passage à la ponce.

Sous-espèce 3. *Perlite* (Syn. *Marekanite*).

Var. Compacte (île d'Arran), à sphérolite ou globules striés du centre à la circonférence.

Subst. accid. Mica, Quarz (Loch, Hongrie), Grenat.

Sous-espèce 4. *Ponce.*

Verre boursoufflé, gris, brun, vert ou noir; avec plus ou moins de cristaux de feldspath et quelquefois de mica.

Var. Grumeleuse avec beaucoup de cristaux de feldspath, pesante, légère.

II. ROCHES PYROXÉNIQUES.

Espèce 1. *Pyroxène en roche.*

Sous-espèce 1. *Coccolite* (Loch, Scandinavie).

Sous-espèce 2. *Lherzolite.*

Var. Lamelleux (île de Rum), compacte (Vicdessos, Pyrénées, vallée d'Olten, en Tyrol), serpentineux (col de Lherz).

Subst. accid. Anthophyllite (Lherz), à l'île d'Elbe dans le calcaire grenu avec Amphibole, Fer oligiste, Pyrite, Quarz, Spath calcaire et Sphène.

Espèce 2. *Terre verte* (Syn. *Chlorite baldogée*), en nids (monte Baldo, chaussée des Géants).

Espèce 3. *Eclogite* (Syn. certains *Omphacites*).

Déf. Ouralite verte et grenat (Saualp, en Carinthie, Fichtelgebirge, Archipel grec).

Subst. accid. Amphibole, Actinote, Pyroxène, Disthène, Saussurite, Quarz, Epidote, Fer oxydulé.

Obs. M. Cordier paraît regarder le minéral vert comme du diallage, mais je crois devoir me conformer préférablement aux déterminations de MM. Haidinger, Mohs et Rose, déterminations confirmées par les analyses de MM. Holtzmann et Walchner. S'il était prouvé qu'il y eût de véritables mélanges de diallage et de grenat, il faudrait conserver le nom d'éclogite à ces derniers et attribuer à notre roche celui d'omphacite.

Espèce 4. *Dolérite.*

Déf. D'après M. Rose, feldspath ou labradorite et fer titané, structure plus ou moins grenue. D'après M. Beudant, albite lamellaire et augite entremêlés. Couleur grise, rouge ou blanchâtre.

Var. Granitoïde (Predazzo, mont Monzoni) (Syn. quelques granites ophitiques), ordinaire (Meissner, Beaulieu, Salisbury Craig), porphyrique, quelquefois à pyroxène vert (Burntisland, Ecosse, Palatinat du Rhin), feldspathique, c'est-à-dire peu pyroxénique (Syn. certains *Phonolithes basaltiques*) (Edimbourg, Kaiserstuhl), amphigénique (lave erratique de la Somma), néphélinique (Katzenbuckel, près Eberbach, Bade), serpentineuse, avec asbeste (Inchkolm, Ecosse), altérée ou décomposée (Edimbourg), amygdalaire.

Subst. accid. Fer spéculaire, Pyrite, et, dans les vacuoles, Spath calcaire, Quarz, Calcédoine, Stilbite, Analcime, Mésotype, Chabasie, Apophyllite, Terre verte, etc.

Espèce 5. *Basalte.*

Déf. Feldspath compacte ou labradorite et pyroxène intimement mêlés avec du fer titané, quelquefois de l'olivine.

M. Beudant reconnaît pour base de certains basaltes et dolérites soit de l'albite, soit de l'orthose pyroxénique.

Var. Compacte, granulaire (mont Rognon, Auver-

gne), tachetée, porphyrique, amygdalaire, scoriacée, homogène ou fragmentaire, amphigénique (feldspath remplacé en partie par l'amphigène, et le pyroxène par le péridot), semi-vitreux, noir (Syn. *Gallinace*, Cordier) (Palatinat du Rhin, Lamlash, en Ecosse, La Voulte, Auvergne), bleue (Marostico). Division pyramidale, prismée de 3 à 9 faces, tabulaire et sphéroïdale.

Subst. accid. Cristaux de Pyroxène, cristaux de Péridot ou grain d'Olivine ou de Limbilite, lamelles de Feldspath, Oligoclase, Fer titané, Soufre. Dans les vacuoles, Spath calcaire, Arragonite, Quarz, Calcédoine, Zéolite, Laumonite, Terre verte, Fer hydraté, etc.

Espèce 6. *Wacke.*

Déf. Caolin ou feldspath terreux, mêlé de terre verte provenant de la décomposition du pyroxène, et quelquefois limbilite dérivant du péridot, couleur grise, jaune, verte ou noire brune.

Var. Compacte (Puy Marmant, Calton Hill, Ecosse), friable, endurcie par la chaux carbonatée.

Amygdaloïde, quelquefois porphyrique, à cause de cristaux de feldspath ou de pyroxène. Dans les vacuoles, mêmes minéraux que dans le basalte, et, de plus, strontiane sulfatée, savon de montagne, cuivre natif, cuivre oxydulé, des agathes, etc.

Ferrugineuse (Syn. *Eisenthon*, *Ironclay*), rouge ou jaunâtre, quelquefois amygdalaire (Loch, chaussée des Géants), à lithomarge.

Espèce 7. *Lave* plus ou moins scoriacée.

D'après M. Beudant, leur base est de l'orthose ou de l'albite, etc.; ce sont des substances pyroxéniques ou ferrugineuses.

Var. Pyroxénique, basaltique, feldspathique, à cristaux de feldspath vitreux ou d'albite (Etna), péridoti-

que, amphigénique (Borghetto), amphibolique; à néphéline, mellilithe (Capo di Bove).

Espèce 8. *Scorie* rouge, brune, noire.

Var. Pesante, légère (Syn. *Lapilli*); décolorée.

III. ROCHES AMPHIBOLIQUES.

Espèce 1. *Amphibolite*, ou roche d'amphibole lamellare, quelquefois micacée.

Var. Actinote lamellaire, mêlé de calcaire grenu (Syn. *Hémithrène*).

Subst. accid. Grenat (Hoff), Disthène, Pyrites.

Espèce 2. *Amphibolite schisteuse* (Syn. *Hornblende-schiefer*).

Déf. Amphibole aciculaire presque pure, structure schistoïde. Couleur noire.

Var. Actinote schisteuse (Syn. *Actinoteslate*, Maccull.) (île de Sky).

Subst. accid. Mica, Feldspath, Epidote grise ou verte, Grenat, Quarz, Pyrite, Fer oxydulé, Sphène.

Espèce 3. *Kersanton*. Roche amphibolique, avec feldspath, pinite et mica.

Var. Décomposée. (Bretagne, Vivarais, montagne de la Margeride.)

Espèce 4. *Diorite*.

Déf. D'après M. Rose, feldspath albite lamelleux ou compacte, blanc, gris ou rougeâtre, et amphibole noire ou verte. D'après M. Beudant, c'est l'orthose qui dominerait; et d'après M. Léonhard, il y a aussi quelquefois du labradorite, et d'après M. Rose, quelquefois de l'oligoclase.

Var. Commun (Syn. *Ophite*), métallifère (Oural), granitoïde, globaire ou orbiculaire (Corse), porphyrique, compacte ordinaire ou basaltoïde (Pyrénées), et quel-

quefois poreuse (Rimont), calcarifère. Altérée ou décomposée, et passée à l'état d'une espèce de wacke, ou plutôt d'une matière stéatiteuse (Dax).

Subst. accid. Mica, Talc rare, Epidote, Quarz, Stilbite, Prehnite, Asbeste, Pyrite, Fer oxydulé (Taberg, Suède), Fer oligiste, Molybdène sulfuré, etc.

IV. ROCHES DIALLAGIQUES.

Espèce 1. *Euphotide* (Syn. *Gabbro*, Léonh.).

Déf. Feldspath tenace, d'après M. Rose, labradorite et diallage. Il y a aussi quelquefois de l'albite compacte ou de l'orthose.

Var. Granitoïde à feldspath laminaire ou bien jadien, porphyroïde, compacte (Syn. une partie du Jade ancien); décomposée et blanche (Corse).

Subst. accid. Talc, Grenat rare, Épidote, Fer titané.

Espèce 2. *Variolite* (Syn. une partie des *Blatterstein*).

Déf. Pâte de feldspath tenace, albite, d'après M. Beudant, et de diallage compacte avec des globules de feldspath blanc ou gris (Durance, Gênes).

Espèce 3. *Serpentine.*

Var. Uniforme, porphyroïde, à diallage vert ou métalloïde; décomposée, blanche ou brune.

Subst. accid. Nids de Cuivre pyriteux (mont Ramazzo, Gênes), Platine et Or (Oural), Cuivre natif (Canada), Fer chromé (Corrèze, île d'Unst), Fer oxydulé, Chrome oxydé, Galène, Feldspath, Néphrite, Grenat jaune ou Pyrope, avec une auréole étoilée (Zoblitz, en Saxe), Idocrase (Piémont), Pyroxène, Diopside, Amphibole, Grammatite, Corindon, Apatite. En petits filons, Asbeste; Amiante, Calcédoine,

Chrysoprase (Silésie), Magnésite hydratée et carbonatée, etc.

Espèce 4. *Anthophyllite* (Norwège).

V. ROCHES HYPERSTÉNIQUES.

Sélagite ou Siénite hyperssténique.

Déf. D'après M. Rose, labradorite et hypersthène; d'après M. Beudant, quelquefois albite et hypersthène.

Var. Lamellaire ou compacte (Harz, mont Monzoni, Sky, en Écosse.)

Subst. accid. Mica, Apatite, Fer titané et oxydulé, Pyrite.

VI. ROCHES GRENATIQUES.

Grenat massif ou *en roche*.

Var. Granulaire à petits ou gros grains, compacte (Scandinavie, Bannat.).

VII. ROCHES D'IDOCRASE.

L'*Idocrase en roche* ou compacte (Loch, Norwège, Irlande, Hasslau, près d'Eger); dans le calcaire grenu (à Auerbach, Arendal).

Subst. accid. Quarz, Spath calcaire, Wollastonite, Grammatite, Grenat, Feldspath, Amphibole.

VIII. ROCHES DE TOPAZE.

(Syn. *Topazosème*, Haüy).

Déf. Feldspath granulaire, quarz, tourmaline et topaze granuliforme, en petits filons et en druses.

Subst. accid. Lithomarge (Schneckenstein, près d'Auerbach, en Saxe).

IX. ROCHES ÉPIDOTIQUES.

Epidote stratiforme (Carinthie).

X. ROCHES DE DISTHÈNE.

Disthène en roche.

Var. Schisteuse (îlot de Grado, dans l'Archipel).

XI. ROCHES DE SCHORL.

Roche de Schorl (Syn. *Schorlschiefer*).

Déf. Quarz grenu et schorl (Cornouailles, Harz et Saxe).

Cette roche passe quelquefois au quarzite et au hornfels.

XII. ROCHES DE MACLE.

Macline.

Déf. Macle et actinote cristallisés (Pousac, près de Bagnères).

XIII. ROCHES QUARZEUSES.

Espèce 1. *Quarz granulaire.*

Sous-espèce 1. *Quarz commun.*

Sous-espèce 2. *Quarz hyalin amorphe.*

Subst. accid. Rutile.

Sous-espèce 3. *Quarzite* ou roche de quarz grenu, couleur gris-blanc ou rougeâtre.

Var. Massif ou schisteux, à fentes ayant des murs polis et striés.

Subst. accid. Mica, Talc, Feldspath (Ecosse).

Obs. Roche provenant en partie des grès, par altération ignée.

Espèce 2. *Quarz compacte.*

Sous-espèce 1. *Quarz compacte schisteux*, quelquefois à mica ou talc.

Sous-espèce 2. *Phtanite* comprenant le schiste siliceux (Syn. *Kieselschiefer*), et le schiste lydien ou la pierre de Lydie, mêlée d'anthracite.

Subst. accid. Pyrite, petits filons de Quarz, de Wavellite et rarement d'Asbeste.

Sous-espèce 3. *Jaspe.*

Var. Homogène, vert, rouge, violet, noir, bigarré ou zoné, à petits filons de quarz; décomposé (terre d'ombre infusible).

Sous-espèce 4. *Silex.*

Var. S. pyromaque (Syn. *Feuerstein*).

Subst. accid. Spath calcaire, Strontiane sulfatée, Quarz, divers fossiles.

S. calcédonieux (Sicile, îles Ioniennes).

S. corné (Syn. la plupart des *Hornstein*).

Var. Blond (Loch, St.-Ouen), brun (jaspe égyptien); pétrification siliceuse (*Caprine*, etc.), à orbicules siliceux, à spicules d'alcyons (Ischel).

Meulière ou silex carié.

Var. Caverneuse; très légère variété de tripoli (Loch, Amberg), à coquilles marines, encrines (Syn. *Rottenstone*) (Derbyshire); tuberculaire, massive, quelquefois à soufre (Haute-Saône), à coquilles d'eau douce et débris de végétaux; fragmentaire à morceaux de silex et de calcaire.

S. Résinite (Nikoltschitz en Moravie), *Ménilite.*

Subst. accid. Coquilles d'eau douce, Insectes, Poissons, etc.

S. Thermogène (Geyser).

S. Nectique. Var. Pulvérulent (Saint-Ouen, Vierson).

XIV. ROCHES MICACÉES.

Espèce 1. *Micaschiste.*

Déf. Mica et quarz; structure schisteuse.

Var. Quarzeux, talqueux, chloriteux, serpentineux (vallée de Chamouny), feldspathique (Glentilt), maclifére (Bretagne), grenatifère (Syn. *Murkstein*, Suède), aurifère (Brésil).

Amas de cuivre pyriteux (Agordo), de fer oxydulé (Saxe), de corindon granulaire mêlé de fer oligiste ou oxydulé (Emeri) (Naxie).

Subst. accid. Staurotide, Tourmaline, Disthène, Beryl, Corindon, Amphibole, Actinote, Fer oligiste, Graphite.

Espèce 2. *Greisen* (Syn. *Hyalomicte*, Brongn.).

Déf. Quarz grenu et mica; structure granitoïde (Saxe et Alassio, près de Gênes, où c'est un grès secondaire modifié).

Subst. accid. Étain oxydé (Voulry) Schéelin ferrugineux, Molybdène sulfuré, Topaze cylindroïde, Chaux phosphatée.

XV. ROCHES TALQUEUSES.

Espèce 1. *Roche à base de talc lamelleux.*

Espèce 2. *Pierre ollaire*, ou roche de talc endurci.

Espèce 3. *Talcschiste* (Syn. *Talcschiefer*, *Stéachiste*).

Var. Ordinaire, blanc ou vert.

Subst. accid. Fahlunite, Disthène, Staurotide, Tourmaline, Spath magnésien, Amphibole, Corindon, Fer chromé.

Feldspathique (à lamelles ou petits filons de feld-

spath), quarzeux (Syn. grès flexible du Brésil), à druses de Spath magnésien (Valais et Écosse), à pyrites, à pyrites arsénicales aurifères, à rutile, maclifère; altéré ou décomposé.

Espèce 4. *Chlorite en masse* (Loch-Catherine, Écosse).

Espèce 5. *Chlorite schisteuse.*

Subst. accid. Grenat, Fer oxydulé, Pyrite, Pyrite magnétique ou cuivreuse, Tourmaline, veines d'Asbestes à fibres perpendiculaires.

Var. Felspathique (Écosse), quarzifère (Syn. mes roches quarzo-chloriteuses de l'Écosse, qui sont quelquefois massives).

XVI. ROCHES A BASE D'ARDOISE.

Espèce 1. *Schiste argileux* (Syn. *Phyllade*).

Var. Ordinaire, quelquefois tacheté ou maclifère, tégulaire ou ardoise, quelquefois plissé.

Subst. accid. Pyrite cubique, Macle, Dipyre, Staurotide, Amphibole, Actinote, Cuivre pyriteux et oxydulé, Diallage (?) (Othré).

Altéré ou décomposé en argile (Syn. *Argile phylladigène*) (Pousac, près Bagnères), luisant ou satiné, subluisant ou terreux, état qui est quelquefois une modification ignée de l'argile schisteuse secondaire, etc.; à minéraux (staurotide, macle, etc.), à petits filons d'étain oxydé, et aussi à trilobites, orthocères (Harz), micacé, quarzifère (à nœuds de quarz).

Espèce 2. *Schiste argilo-talqueux.*

Passage à la chlorite schisteuse et au micaschiste talqueux, quelquefois à bélemnites, etc. (Alpes).

Espèce 3. *Schiste argilo-calcaire* ou *calcarifère.*

Espèce 4. *Ampélite.*

Var. Schiste subluisant à anthracite; *Schiste alumineux*, quelquefois graphique, altéré, par exemple,

rougi près de trapps (Westphalie), ou décomposé.

Subst. accid. Pyrite, très rarement Asbeste, plantes Productus, etc.

Espèce 5. *Novaculite* ou schiste novaculaire ou coticule. Quelquefois roche d'altération ignée (?).

Espèce 6. *Schaalstein* (Syn. une partie des *Blatterstein* et des *Spillites veinés*).

Roche altérée, schiste boursoufflé amygdalaire (Dillenbourg, Cilly en Styrie).

XVII. ROCHES CALCAIRES.

A. *R. à base de chaux carbonatée.*

Espèce 1. *Calcaire saccharoïde* ou *grenu.*

Var. Commun, à grosses ou petites lamelles, alternant avec des plaques de dolomie, schisteux ou *Cipolin*, mêlé de mica, de talc, de quarz et même de gneiss; mélangé de serpentine et de talc (Syn. *Ophicalce*, Brongn., marbre vert ancien) (Glentilt, Écosse); mélangé de schiste argileux.

Subst. accid. Amphibole, Actinote, Grammatite, Pyroxène, Sahlite, Malacolite, Diopside, Grenat, Idocrase (Pyrénées, Auerbach, Bannat), Parenthine, Pléonaste (mont Monzoni), Condrodite, Lazulite, Lépidolithe, Disthène, Quarz (Loch, Carrare), Couséranite, Fer oligiste (Framont) et oxydulé, Néphéline (Somma).

Espèce 2. *Calcaire encrinitique.*

Déf. Amas d'encrines.

Var. Lamellaire ou sublamellaire (Gex, Langres, dans les Alpes et les Carpathes).

Obs. Des débris de baguettes d'oursins donnent aussi

lieu rarement à des calcaires d'une structure assez semblable.

Espèce 3. *Calcaire compacte.*

Sous-espèce 1. *Translucide* ou *subsaccharoïde*, ou sub-lamellaire, quelquefois nuagé, blanc, gris, jaune ou rougeâtre (craie altérée de Belfast, calcaire jurassique altéré de Predazzo, calcaire primaire modifié de Framont et de Cierp).

Subst. accid. Pyroxène, Sahlite (île de Tyrie), Feldspath (col du Bonhomme), Macle (Pyrénées), Quarz, Grenat mélanite.

Sous-espèce 2. *Calcaire phylladifère* ou calcaire compacte mêlé de schiste (*Syn. Calcschiste*, Brongn.), quelquefois glandulaire (marbre de Campan).

Sous-espèce 3. *Calcaire compacte.*

Var. Calcaire compacte veiné (sol intermédiaire), calcaire du muschelkalk à *encrinites liliformis* ou térébratules, etc.; calcaire jurassique, quelquefois fendillé (Alpes), à fentes dont les murs sont polis et striés (Alpes); calcaire lithographique, quelquefois à dendrites; calcaire ruiniforme (Florence); calcaire scaglia ou faïence (à cassure conchoïde aplatie et fort unie), couleur blanche ou rougeâtre; calcaire crétacé compacte ou fragmentaire, à hippurites, sphérulites, baculites.

Calcaire lumachelle à coquilles nacrées (Loch, Carinthie, Tyrol ou dans le lias); calcaires à encrines, térébratules, spirifères, productus, diceras, hippurites, nérinées, ammonites, nautiles, polypiers ou calcaire à polypiers (Syn. *Coralrag*).

Calcaire d'eau douce ou à *tubulures*, compacte, concrétionné, bitumineux.

Subst. accid. Amphigène (Viterbe), Mésotype, Apophyllite (Auvergne). — Indusies, Coquilles, Paludines, etc., Ossements.

Calcaire méditerranéen de M. Risso.

Sous-espèce 4. *Craie.*

Var. Terreuse, sableuse (Syn. *Craie tufau*) ou marneuse (à nummulites, orbitolites, inocérames), endurcie, à stilbite, (à la Chaussée des Géans), verte ou glauconie crayeuse. (Syn. *Craie chloritée*), à gryphée colombe.

Subst. accid. Silex, Pyrite, Fossiles, etc.

Sous-espèce 5. *Calcaire friable.*

Sous-espèce 6. *Oolite* (Syn. beaucoup de *Roggenstein*).

Var. Miliaire, cannabine, noduleuse ou pisolitique, compacte, ferrugineuse.

Sous-espèce 7. *Pisolithe.* Grain de sable au centre de chaque globule.

Sous-espèce 8. *Calcaire à coraux.* Blanc, jaune et rouge (Loch, Vienne, en Autriche).

Sous-espèce 9. *Calcaire arénacé*, c'est-à-dire à débris roulés (Syn. calcaire grossier de Paris).

Var. Fin ou grossier, compacte ou terreux, ou à particules vertes.

Subst. accid. Fluore (Paris), Cérithes, Miliolites, Mélonies, Discorbes, etc.

Sous-espèce 10. *Calcaire sablonneux.*

Var. à particules vertes, à nummulites, licophris, etc.

Sous-espèce 11. *Calcaire argileux* ou *marneux.* Odeur argileuse.

Ex. Zechstein à productus, lias à galène.

Subst. accid. Pétrole et Soufre (St.-Boes, Conilla, en Murcie, Truskawice, en Gallicie), quarz cristallisé, (muschelkalk de Pyrmont).

Lumachelles à gryphées arquées ou virgules, à peignes, à nummulites, à hippurites, etc.

Sous-espèce 12. *Calcaire ferrugineux*. Jaune ou rouge ou brun-rouge.

Sous-espèce 13. *Calcaire ferrifère*. A fer spathique et chaux carbonatée ferrifère.

Sous-espèce 14. *Calcaire siliceux* (Syn. *Calp*. Kirwan). Silice non visible, blanc, gris ou rose.

Var. Carié (Syn. certains *Rottenstone*, Derbyshire).

Subst. accid. Cypris, graines de *Chara*, Coquilles, etc.

Sous-espèce 15. *Calcaire fétide*, compacte ou marneux (Syn. *Swinestone*).

Subst. accid. Cinabre (Loch, Idria), Trilobites, Evomphales, Orthocères.

Sous-espèce 16. *Calcaire bitumineux* ou marno-bitumineux.

Var. Cuivreux, pétrolien (Seefeld, Tyrol), à poissons (Bolca), à ammonites (Lias).

Sous-espèce 17. *Tuf calcaire*.

Var. Spongieux, travertin ordinaire, faux albâtre, siliceux, stalactite, incrustation.

Subst. accid. Os, Coquillages, débris de Végétaux.

Sous-espèce 18. *Calcaire pulvérulent* (Syn. *Bergmilch*).

Var. Agrégé ou désagrégé.

Sous-espèce 19. *Limon calcaire*. Fausse craie blanche (Loch, Gosau), ou rougeâtre dans les cavernes.

B. *R. à base de carbonate de chaux et de magnésie.*

Espèce 1. *Dolomie*.

Déf. Combinaison de carbonate de chaux et de magnésie, blanche, jaune, grise; structure grenue.

Var. Uniforme, fétide ou bitumineuse, alors brune ou noirâtre (Allgau), schistoïde, micacée, talqueuse,

mêlée de serpentine; cellulaire, à druses de spath magnésien, à fentes ayant leurs murs polis et striés.

Subst. accid. Mica, Grammatite, Actinote, Macle, Idocrase, Tourmaline, Corindon, Spinelle, Fluore, Fer arséniaté, Arsénic sulfuré, Manganèse oxydé, Pyrite, Cuivre gris, Méionite, Ceilanite, etc, petits filons de Silex calcédonieux (Cobourg), et de Strontiane sulfatée (Westphalie).

Espèce 2. *Calcaire magnésien.*

Déf. Carbonate de chaux mélangé de carbonate de magnésie, gris, blanc, jaune; structure un peu sublamellaire.

Var. Compacte, arénacé (Cobourg), feuillé (Alpes), brechiforme (Alpes), plumbifère (Bleiberg), calaminifère; à baryte, à silex, à fentes ayant des murs polis et striés, à parties globulaires (Syn. *Hornmergel*).

Globulaire (Syn. certains *Roggenstein*) (Lorraine, Bristol); réniforme, botryoïde (Sunderland).

Caverneux ou *Cargnieule* (Syn. *Rauchwacke*), à cellules remplies ou vides; siliceuse et molaire, à druses de spath magnésien (Bavière).

Terreux (Syn. *Asche*), gris ou jaune (Sunderland), cellulaire (Syn. *Rauherkalk*); quelquefois à polypiers, etc.

Feuilleté, flexible (Sunderland).

Subst. accid. Bitume, Chaux carbonatée magnésifère, Fer carbonaté, Galène, Blende, Calamine, Plomb molybdaté, Cinabre.

XVIII. ROCHES GYPSEUSES.

Espèce 1. *Anhydrite.*

Var. Grenue, compacte, nodulaire ou réniforme, blanche ou bleue.

Subst. accid. Gypse fibreux, Argile, Sel gemme quelquefois intimement mêlé à l'Anhydrite (Bex), Soufre pulvérulent, Galène, Fer carbonaté, fragments de Schiste et de Calcaire compacte.

Espèce 2. *Gypse.*

Var. Epigène (Bex); laminaire, Selénite; grenu à mica, talc, boracite compacte à pétrole, résine succinique (segeberg), boracite; arragonite, quarz cristallisé.

Subst. accid. Fer micacé, Cinabre, Arsénic sulfuré, Blende, Antimoine sulfuré.

Fibreux, terreux, pulvérulent (Halle), grossier ou calcarifère (Loch, Paris et Aix); prismé, à soufre, à ossements, à végétaux (Stradella).

XIX. ROCHES DE FLUORE.

Espèce 1. *Fluore compacte* (Derbyshire, Steinbach, en Thuringe).

XX. ROCHES DE PHOSPHORITE.

Espèce 1. *Phosphorite compacte* (Logrosan, Estramadure).

Var. Siliceuse (Amberg, Bavière), pulvérulente (Lonka, Marmarosh).

XXI. ROCHES DE STRONTIANE.

Espèce 1. *Célestine fibreuse* (Bristol).

Espèce 2. *Strontiane compacte* (Montmartre, Beaumont).

XXII. ROCHES DE BARYTE.

Espèce 1. *Baryte compacte* (Servoz).

XXIII. ROCHES DE CARBONATE DE MAGNÉSIE.

Espèce 1. *Magnésie carbonatée* (Syn. *Giobertite*, Brongn.).

XXIV. ROCHES A BASE DE SOUS-SULFATE D'ALUMINE.

Espèce 1. *Alun*, sous forme de sel (Budoshegy).
Espèce 2. *Alunite* (Syn. *Alaunfels*).
Var. Silicifère (Mont-Dore, Tolfa), compacte (Muskau), porphyroïde et brechoïde (Muskau).
Subst. accid. Soufre (Mont-Dore).
Espèce 3. *Aluminite* (Syn. *Alumine hydratée*).
Var. Silicifère, solide, nodulaire ou terreuse (Halle, Épernay).
Espèce 4. *Lenzinite* (Syn. *Collyrite*, Brongn.). (Saint-Sevère.)

XXV. ROCHES A BASE DE SOUS-CARBONATE DE SOUDE.

Espèce 1. *Natron.*
Subst. accid. Argile, Sel gemme et Sélénite.

XXVI. ROCHES A ACIDE BORIQUE.

Espèce 1. *Acide borique* (Vulcano).
Espèce 2. *Borate de soude.*

XXVII. ROCHES DE SULFATE DE SOUDE.

Soude sulfatée (dans des lacs desséchés, à Eger, Bohême).

XXVIII. ROCHES A BASE DE MURIATE DE SOUDE.

Espèce 1. *Sel gemme.*

Var. Lamellaire, sublamellaire, fibreux, prismé, blanc, gris, rouge, violet.

Subst. accid. Argile, Sélénite, Hydrogène carboné (Wiéliczka), Bois bitumineux, Coquillages.

Espèce 2. *Argile salifère* ou *muriatifère*. Grise, rougeâtre ou verdâtre.

XXIX. SELS EFFLORESCENTS.

Potasse nitratée (Hongrie), *Chaux nitratée*, *Magnésie sulfatée* (Harz, Arragon, Sibérie); *Ammoniac sulfaté* (Turin) et *muriaté* (produit d'embrasement de combustible (Mittelgebirge); *Soude carbonatée, sulfatée* et *muriatée*; *Alun* sur le lignite pyriteux et le schiste alumineux; *Fer phosphaté*, *Sélénite*, *Soufre*.

XXX. ROCHES DE FER CARBONATÉ.

Espèce 1. *Fer spathique* ou carbonaté grenu.

Var. Mélangé à du calcaire compacte ou lamellaire (Maurienne), porphyrique au moyen de spath calcaire (Syn. *Pineolenstein* d'Admond en Styrie).

Espèce 2. *Fer carbonaté argileux*.

Var. Compacte, globulaire, grossier, fer argileux (Syn. *Sphérosidérite*), à septaria ou ludus Helmontii.

Subst. accid. Mica, Quarz, Bitume, Galène, Poissons, Coquillages.

XXXI. ROCHES A BASE DE FER HYDRATÉ.

Espèce 1. *Fer hydraté*. Compacte (Syn *Thoneisenstein*), impure, hématite brune.

Subst. accid. Fer phosphaté, Wavellite (Amberg).

Var. Globuleux ordinaire, pisolithique, minerai de

fer en grains, oolitique (oolite inférieure), carié, limonite ou fer des marais, terreux ou ocreux, œtite et impur.

Subst. accid. Sable quarzeux, Mica, Bois, Coquillages, Zoophytes.

XXXII. ROCHES A BASE DE PROTOXYDE DE FER.

Espèce 1. *Fer oxydulé* ou *magnétique*.

Var. Grenu ou schisteux (Suède, Brésil).

Subst. accid. Spath calcaire, Felspath, Amphibole, Diallage, Corindon, Pyrite,

Espèce 2. *Fer chromaté* ou oxydulé chromifère.

Var. A taches vertes, en sables.

Subst. accid. Spath calcaire, Talc, Serpentine, Zinc oxydé.

Espèce 3. *Fer titané* ou oxydulé titanifère. En sables et dans roches anciennes et ignées.

Espèce 4. *Fer oxydulé zincifère*.

XXXIII. ROCHES A BASE DE FER OXYDÉ ROUGE.

Espèce 1. *Fer oxydé rouge* (Syn. *Rotheisenstein*).

Var. Compacte, hématite rouge, argileux, quelquefois prismé et produit d'altération ignée (île d'Arran), globulaire (Olomuczan Moraire), calcarifère (Tatra).

Espèce 2. *Fer oligiste* (Syn. *Eisenglanz*).

Var. Grenu (île d'Elbe), compacte, mêlé de fer hydraté et oxydé rouge (Brésil), micacé (Bastènes), en sables.

Espèce 3. *Itabirite* (Syn. *Sidérocriste*, Brongn., *Eisenglimmerschiefer*).

(Brésil, Bavière et Vicentin), mêlé de quarz et feldspath (Ecosse, Vicentin).

XXXIV. ROCHES PYRITEUSES.

Espèce 1. *Pyrite blanche* (Syn. *Arsenikkies*).

Espèce 2. *Pyrite ordinaire* ou fer sulfuré (Syn. *Schwefelkies*).

Espèce 3. *Pyrite magnétique* (Syn. *Magnetkies*).

Espèce 4. *Pyrite cuivreuse* (Syn. *Kupferkies*).

Cristallisée ou massive (Agordo), à fentes avec des murs polis et striés.

XXXV. ROCHES A BASE DE SILICATE DE FER.

Espèce 1. *Chamoisite* (Syn. *Glauconie*).

Var. Ordinaire, compacte ou globulaire, calcarifère, quarzifère.

XXXVI. ROCHES MANGANÉSIENNES.

Espèce 1. *Manganèse hydraté.*

Var. Compacte, cellulaire, hématite noire (Romanèche).

Subst. accid. Fluore, Baryte, Quarz.

Espèce 2. *Manganèse carbonaté* (Kapnik, Nagyag).

Espèce 3. *Manganèse silicaté* (Vicentin).

XXXVII. ROCHES PLOMBIFÈRES.

Espèce 1. *Galène.*

Espèce 2. *Plomb carbonaté.*

Espèce 3. *Plomb phosphaté.*

XXXVIII. ROCHES ZINCIFÈRES.

Espèce 1. *Calamine.*

Espèce 2. *Blende.*
Espèce 3. *Zinc oxydé ferrifère.*
Espèce 4. *Franklinite.*

XXXIX. ROCHES DE MERCURE.

Espèce 1. *Mercure coulant et argental.*
Espèce 2. *Cinabre* compacte ou testacé (Idria).

XL. ROCHES A BASE DE SOUFRE.

Espèce 1. *Soufre.*

Var. Compacte, quelquefois nodulaire (Radeboy Perticara, Sicile, etc.), cellulaire (Sicile), terreux (provenant de l'altération des pyrites (Ells, en Moravie), cristallisé (dépôt de source, Baden en Autriche, Schinznach), ou sublimé par un solfatare, (Budoshegy, Transylvanie).

Subst. accid. Sélénite, Spath calcaire, Strontiane sulfatée (Sicile), Marne bitumineuse, impressions de Plantes et Coquillages d'eau douce (Espagne).

XLI. ROCHES A BASE DE BITUME.

A. *Roches à base de bitume noire.*

Espèce 1. *Poix minérale*, ou *Pissaphalte*, ou Asphalthe (Puy de la Pège, la Trinité).

Espèce 2. *Naphte* ou *Pétrole.*

Espèce 3. *Caoutchouc minéral* (Derbyshire.)

B. *Roches à base de bitume gris.*

Espèce 1. *Dusodile.*

Var. Papyracé (Sicile, Cologne), wettéravie,

schiste gris inflammable (Autun), marne inflammable (Lias (?), Seefeld en Tyrol), trass inflammable.

Subst. accid. Impressions de Végétaux, Poissons, etc.

XLII. ROCHES DE GRAPHITE.

Espèce 1. *Graphite* (Cumberland).

Var. Prismé, produit d'altération ignée au contact des trapps (Cumnock, en Ecosse).

Espèce 2. *Gneiss graphiteux* (Hafnerzell).

XLIII. ROCHES A BASE D'ANTHRACITE.

Espèce 1. *Anthracite* (Syn. *Kohlenblende*).

Var. Fragmentaire, massive, prismée (produit d'altération ignée au contact du basalt ou trapp) (mont Meissner), coke prismé; (Coalyhill, Newcastle sur le Tyne.); terreuse, impure, passant au graphite (Saltcoats, Cumnock, en Ecosse).

Espèce 2. *Ampélite* (Syn. *Zeichenschiefer*);

XLIV. ROCHES A BASE DE HOUILLE (mélange d'anthracite et de bitume).

Espèce 1. *Houille.* Brûlant en se gonflant et laissant un résidu.

Var. Anthraciteuse ou coke, maigre, luisante ou piciforme (Syn. une partie du *Glanzkohle*), ou bien compacte (Syn. *Kennelcoal*); ordinaire (Syn. *Schieferkohl*), schisteuse, piciforme ou fuligineuse. Crystalliforme (Syn. *Connicoalcoral* d'Angleterre), composée de parties coniques, enchâssées les unes dans les autres.

Particulière au terrain jurassique et du grès vert (Entrevernes, Boltigen, Gersten, en Autriche, Carpona, Istrie) (Syn. certains *Stipites*, Brongn.), impure, pyriteuse (une partie du *Lettenkohl*).

Subst. accid. Spath calcaire et magnésien, Pyrite, Galène, Blende, Cinabre.

Espèce 2. *Schiste noire inflammable* (Syn. *Brandschiefer*).

Var. Ordinaire, calcarifère (certains *Lettenkohl* du muschelkalk, Waldenburg).

Roche passant au schiste marno-bitumineux.

Espèce 3. *Charbon minéral.*

XLV. ROCHES A BASE DE LIGNITE (mélange de bitume et de charbon végétal).

Espèce 1. *Lignite.*

Var. Ordinaire; jayet quelquefois schisteux, terreux ou désaggrégé (Halle); terre d'ombre; pyriteux (Tchirmek en Bohême) et alunifère (Freyenwald).

Espèce 2. *Bois bitumineux.*

Var. Fibreux, très peu bituminisé (Wetteravie), à pyrites quelquefois globulaires, percé de tarets (île d'Aix, Borgo).

Subst. accid. Argile ordinaire ou calcarifère, Pyrite blanche, Succin, Mellite (rare), Résine fossile (île d'Aix Obora, mont Wand, en Autriche), Coquilles d'eau douce et marines.

Espèce 3. *Bois siliceux.*

Var. Des houillères (Newcastle, Spessart, Litry); de palmiers (Syn. *Staarstein*) (Saxe, Montflanquin, Lot et Garonne); de dicotylédons (Grateloup, Lot et Garonne).

Var. Couvert de cristaux de quarz (Loch, Neagh, Irlande), opalisé (Hongrie, Antigua).

Espèce 4. *Tartuffite* ou bois changé en calcaire à odeur de truffe (calcaire tertiaire du Vicentin et oolite jurassique) (Oxford et Harcourt, Calvados).

XLVI. TOURBES.

Tourbe marine (île d'Aix), lacustre, ordinaire ou des marais (?), et tourbe des forêts.

XLVII. BRÈCHES (Syn. *Tufs*).

Déf. Pâte à fragments angulaires, ces derniers le plus souvent d'une autre couleur que la pâte.

Roches très importantes à bien distinguer, parce qu'elles donnent les moyens de déterminer l'âge et l'origine de plusieurs dépôts, surtout de ceux qui sont ignés; or le classement de ces derniers serait sans cela très difficile, si ce n'est même quelquefois impossible. C'est pour cela que la distinction des brèches peut, encore moins que celle des agglomérats, être faite sans se lier à des données géologiques et géogéniques.

Espèce 1. *Brèche de granite.*

Déf. Pâte granitique à fragments de schiste argileux, de hornfels, de gneiss, etc.

Espèce 2. *Brèche de gneiss.*

Déf. Pâte de gneiss à fragments de gneiss et de roches granitoïdes (Forêt Noire).

Espèce 2. *Brèche de micaschiste.*

Déf. Pâte de micaschiste, à fragments de micaschiste.

Espèce 3. *Brèche de talcschiste.*

Déf. Pâte de talcschiste, à fragments de talcschiste (Agordo, Tanneberg).

Espèce 4. *Brèche siénitique.*

Déf. Pâte de siénite, à fragments de siénite (Arran Ecosse).

Espèce 5. *Brèche dioritique.*

Déf. Pâte de diorite, à fragments de diorite (Rimont).

Espèce 6. *Brèche d'euphotide.*

Déf. Pâte d'euphotide, à fragments d'euphotide et de matières talqueuses (Panigaro, Gênes).

Var. Calcarifère (Cravignola, près de Borghetto).

Espèce 7. *Brèche serpentineuse.*

Déf. Pâte de serpentine, à fragments de serpentine.

Var. Feldspathique (Sant-Andrea), calcarifère (Willendorf, Autriche), à magnésie carbonatée.

Espèce 8. *Brèche pyroxénique.*

Déf. Pâte de pyroxène en roche, à fragments de pyroxène en roche.

Var. Calcaire (à fragments de calcaire grenu) (col de Lherz).

Espèce 9. *Brèche trappéenne* (Syn. *Traptuf*).

Déf. Pâte de trapp, à fragments de trapp (Edimbourg, Recoaro).

Var. Amygdalaire (Calton Hill) (Syn. certains *Schaalstein*), ferrugineuse (Arthur's Seat), anagénique, c'est-à-dire avec des débris d'autres roches (Recoaro), à pétrifications, polypiers, encrines (Berkley, Goslar, Planchnitz).

Espèce 10. *Brèche du porphyre pyroxénique.*

Déf. Pâte du porphyre pyroxénique, à fragments de cette roche (Trente, en Tyrol).

Espèce 11. *Brèche porphyrique.*

Déf. Pâte de porphyre, à fragments de porphyre (Mohorn, Cumberland).

Var. Quarzifère (Schemnitz, en Saxe), siliceuse (Sty-

rie), anagénique, avec fragments d'autres roches (Syn. *Brèche universelle* de Cosir) (Saxe, etc.), à fragments de quarzite (Kapnik).

Espèce 12. *Brèche trachitique.*

Déf. Pâte de trachyte à fragments de trachyte.

Subst. accid. Or (Hongrie).

Espèce 13. *Brèche alunitique.*

Déf. Pâte d'alunite, à fragments d'alunite (Munkacs).

Var. Très arénacée (Vorospatak).

Subst. accid. Soufre.

Espèce 14. *Brèche basaltique* (Syn. *Basalttuf*).

Déf. Pâte de basalte, à fragments de basalte (Staffa).

Var. A fragments calcaires (Urach, en Wurtemberg), anagénique, à fragments de grès et de calcaires secondaires (Wurtemberg).

Espèce 15. *Brèche rétinitique.*

Déf. Pâte de rétinite, à fragments de rétinite (monts Euganéens).

Var. Anagénique, à fragments de gneiss, de micaschiste, de bois bitumineux, etc. (Trebischthal).

Espèce 16. *Brèche d'obsidienne.*

Déf. Pâte d'obsidienne, à fragments d'obsidienne (Lipari).

Espèce 17. *Brèche calcaire.*

Déf. Pâte calcaire, à fragments calcaires.

Var. B. de calcaire grenu, à parties feldspathiques ou siénitiques (Glentilt), à amphibole (Serravezza); B. de calcaire compacte (brèche d'Alet, du Tolonet, Fitou, etc.), ferrugineuse (Saint-Girond); B. à nummulites, à hippurites (Gosau, Untersberg, Salzbourg); B. de scaglia (Piovène), B. de craie (Marly); B. de calcaire d'eau douce, quelquefois à baryte, à fragments de basalte; B. de calcaire méditerranéen (Nice), à co-

quilles marines ou d'eau douce, à ossements (certaines brèches osseuses); B. magnésienne (dans le Keuper de Tubingue).

Espèce 18. *Brèche argilo-calcaire.*

Déf. Pâte argilo-calcaire, à fragments de calcaire semblable, cellulaire ou compacte. La plupart des brèches osseuses à coquilles marines ou terrestres, fragments de poteries et rarement mêlées de sel (Cerigo).

Espèce 19. *Brèche argilo-gypseuse.*

Déf. Pâte argileuse, à fragments de gypse et souven de calcaire, plus ou moins passé à l'état de gypse.

Var. Anagénique, à fragments de schiste micacé, de gneiss, de quarzite, etc. (Salzbourg).

Espèce 20. *Brèche argilo-salifère.*

Déf. Pâte argileuse, à fragments de sel gemme et souvent de gypse.

Var. Anagénique, à fragments de roches étrangères (Tyrol).

Espèce 21. *Brèche siliceuse.*

Déf. Pâte siliceuse, à fragments de jaspe et d'agathe ou de meulière (Bude); quelquefois à baryte.

Espèce 22. *Brèche de fer oligiste.*

Déf. Pâte de fer oligiste, à fragments de ce minerai.

Espèce 23. *Brèche anagénique* (Syn. B. *polygénique*, Brongn.).

Déf. Fragments de roches très diverses, en général anciennes dans une pâte composée des mêmes éléments (Loch, Ness).

Espèce 24. *Argile marno-sableuse brechoïde.*

Déf. Pâte argileuse, sableuse, à fragments d'argile marneuse (La Réolle).

XLVIII. AGGLOMÉRATS (Syn. *Conglomérat.*)

A. *Agglomérats grossiers.*

§ I. Poudingues.

Déf. Pâte à fragments arrondis ou roulés.

Espèce 1. *Poudingue calcaire.*

Déf. Pâte et cailloux calcaires (certains *Nagelfluhs*).

Var. Cellulaire (dans le sol alluvial).

Espèce 2. *Poudingue siliceux.*

Déf. Pâte de grès avec cailloux de silex (Hertford, Nemours).

Espèce 3. *Poudingue jaspique.*

Déf. Pâte de silex jaspoïde, à cailloux de silex (Rennes).

Espèce 4. *Poudingue quarzeux.*

Déf. Pâte et cailloux quarzeux (Cierp).

Espèce 5. *Poudingue serpentineux.*

Déf. Pâte arénacée serpentineuse, à cailloux de serpentine (Turin).

Espèce 6. *Poudingue magnésien.*

Déf. Pâte de calcaire magnésien, à cailloux de quarz ou d'autres roches (Calvados, Bristol).

Espèce 7. *Poudingue argileux.*

Déf. Pâte arénacée argileuse, à divers cailloux.

Espèce 8. *Poudingue charbonneux.*

Déf. Pâte de grès houiller, à cailloux de ce grès.

Espèce 9. *Poudingue phylladien.*

Déf. Pâte de phyllade, à divers cailloux, surtout quarzeux (Manche, Calvados).

Espèce 10. *Poudingue anagénique* (Syn. anciens Nagelfluhs).

Déf. Cailloux très divers, et surtout de roches an-

ciennes, dans une pâte composée des mêmes éléments (Allgau).

§ II. Agglomérats proprement dits.

Déf. Pâte à fragments angulaires et arrondis.

Espèce 1. *Grauwacke* (*Traumate*, Daub.).

Déf. Pâte de schiste argileux, souvent micacée, avec des fragments et des cailloux de schiste argileux, de schiste siliceux, de quarz lydien, et ordinairement de feldspath (Écosse mérid., Harz, Gesenke, Carinthie, Bretagne).

Espèce 2. *Agglomérat porphyrique.*

Déf. Fragments et cailloux de porphyre dans une pâte formée des mêmes éléments.

Var. Anagénique ou empâtant des fragments de diverses roches anciennes (plusieurs *Todtliegende*), grossier, fin, très fin (Syn. quelques *Thonstein*), quelquefois à impressions végétales.

Certaines *lithomarges* (Planitz).

Espèce 3. *Agglomérat trappéen.*

Déf. Fragments et cailloux de trapp dans une pâte formée des mêmes matières.

Subst. accid. Grenat (Elgg, en Écosse), Graphite (Kusel).

Espèce 4. *Agglomérat trachytique.*

Déf. Fragments et cailloux de trachyte dans une pâte composée des mêmes matières.

Var. Grossier, fin, vitreux, siliceux, opalifère.

Subst. accid. Grenat (Hongrie), Dichroïte (Espagne), Or (Hongrie), Coquilles marines, Végétaux.

Espèce 5. *Agglomérat basaltique.*

Déf. Fragments et cailloux de basalte dans une pâte composée des mêmes éléments.

Var. Grossier, fin, très fin. *Bole* gris, blanc, jaune,

brun, rouge, violet (chaussée des Géants, Prudelles, Budingen).

Subst. accid. Strontiane sulfatée (Montecchio majore), Zircon, Saphir (Vicentin), Coquillages marins (Ronca), Impressions végétales, Bois carbonisé.

Espèce 6. *Aggloméral ponceux.*

Déf. Fragments et cailloux de ponce dans une pâte formée des mêmes éléments.

Var. Grossier, fin, très fin, compacte et semblable à de la craie (Hongrie, Transylvanie).

Subst. accid. Grenat, Hauyne, Amphigène, Bois opalisé, Impressions de feuilles, Coquilles.

Roche passant à l'alunite.

Espèce 7. *Trass.*

Déf. Morceaux de trachite, de ponce, d'obsidienne, réunis par un ciment d'alumine hydraté, de silice hydratée ou de silice. Couleur grise, blanche et jaune.

Espèce 8. *Tufa volcanique.*

Var. Pyroxénique, basaltique, quelquefois à bitume (Puy de la Pége), feldspathique, ponceux, argiloïde (Syn. *Moja*), à poissons, etc.

Espèce 9. *Lapilli agrégé en roche.*

B. *Agglomérats fins* ou *Grès* (Syn. *Psammites*, Brongn.)

Espèce 1. *Grauwacke schisteuse* (Harz).

Déf. Grauwacke à grains très fins et schisteuse.

Var. Par suite d'altérations ignées, porphyrique à cristaux de feldspath (Deville et Laifour), frittée (Eifel), jaspoïde (Hackenstein).

Subst. accid. Asphalte (Harz), Spirifères, Térébratules, Posidonies, Impressions de plantes, etc.

Espèce 2. *Grès quarzeux.*

Déf. Composé arénacé de grains de quarz.

Var. Cristallisé sous la forme de la chaux carbonatée inverse, lustré, à cristaux de quarz dérivés de porphyres, (Tœplitz), ferrugineux, pyriteux.

Subst. accid. Productus, Pholadomies, Conulaires Trilobites.

Espèce 3. *Grès siliceux.*

Déf. Composé arénacé de grains de quarz dans une pâte de silex corné ou de meulière.

Var. Compacte (Zeitz), carié à encrines (Derbyshire, Harz, Eifel). Cette roche passe à la meulière.

Espèce 4. *Grès feldspathique* (Syn. certaines *Arkoses*).

Déf. Composé arénacé de grains de quarz et de feldspath (Cobourg, Saint-Emiland).

Var. Grossier (Syn. *Millstonegrit*), à caolin.

Subst. accid. Baryte (Royat), Fluore, Spath calcaire, Pyrite, Galène, Plomb carbonaté et phosphaté (Vilseck, Pressat), Chromé oxydé (mont d'Ecouchets).

Espèce 5. *Grès granitique* (Syn. Granite recomposé, *Arkoses*).

Déf. Composé arénacé de grains de quarz, de feldspath et de mica (Bervie, en Écosse, Bourgogne).

Espèce 6. *Grès anagénique.*

Déf. Composé arénacé de fragments de roches très diverses, surtout anciennes.

Espèce 7. *Grès serpentineux.*

Déf. Composé arénacé de grains de quarz avec des débris de serpentine (Turin, Gênes).

Espèce 8. *Grès ferrifère.*

Déf. Composé arénacé quarzeux, avec beaucoup de grains ou globules de fer oxydé, hydraté (Sonthofen).

Espèce 9. *Grès vert* ou *glauconien*.

Déf. Composé arénacé quarzeux, à particules vertes, ou silicate de fer (Sonthofen, Le Mans).

Var. Quarzeux (Chiergeac), calcarifère, micacé, grossier (Syn. *Tourtia*).

Espèce 10. *Grès cuprifère.*

Déf. Composé arénacé quarzeux, à mouches et particules de cuivre carbonaté et à lithomarge (Eisleben, Chessy).

Espèce 11. *Grès anthraciteux.*

Déf. Composé arénacé quarzeux, mêlé de parties d'anthracite.

Espèce 12. *Grès charbonneux* ou *houiller.*

Déf. Composé arénacé quarzeux, mêlé de parties charbonneuses.

Var. A impressions de plantes, coquillages.

Espèce 13. *Grès bitumineux.*

Déf. Composé arénacé quarzeux, mélangé avec plus ou moins de poix minérale (Dardagny, Genève).

Espèces 14. *Grès argileux* (beaucoup de grès bigarrés).

Déf. Composé arénacé quarzeux, à pâte argileuse.

Espèce 15. *Grès marneux* (Syn. *Macigno*, *Molasse*).

Déf. Composé arénacé quarzeux, à pâte argilo-calcaire, faisant effervescence plus ou moins forte.

Var. Endurci ou compacte, micacé, glauconien, impressionné, à coquilles d'eau douce ou marines.

Espèce 16. *Grès marno-siliceux* (Syn. Certains *Macigno*).

Déf. Composé arénacé quarzeux, à parties marneuses et à parties silicifiées (Chillon, Léman).

Espèce 17. *Grès calcaire.*

Déf. Composé arénacé quarzeux, à pâte de spath calcaire (Wallsee, en Autriche).

Subst. accid. Baryte (Calvados), à Coquillages, dents de Loup-marin.

× Grès altérés par la voie ignée, surtout au contact des porphyres, des trapps et des basaltes.

Espèce 18. *Grès semi-jaspoïde.*

Déf. Composé arénacé quarzeux, très compacte ayant éprouvé une demi-fusion (mont Salisbury-Craig, Edimbourg).

Espèce 19. *Grès jaspoïde.*

Déf. Composé arénacé quarzeux et surtout argileux, passé à l'état d'un jaspe très grossier (Planitz, Stirling).

Espèce 20. *Grès vitrifié.*

Déf. Grès argileux, ayant été vitrifié (Blaue-Kuppe, Eschwege).

Var. Prismé (au contact du basalte, Ettingshausen, Wetteravie), quelquefois alors zoné, en conséquence de la conglutination de feuillets de diverses couleurs, effet produit par la fusion.

Espèce 21. *Grès modifié.*

Déf. Grès quarzeux ou marneux cuit, quelquefois cellulaire (Vorospatak).

Espèce 22. *Grès de Taviglianaz.*

Déf. Composé arénacé quarzeux, à lamelles de feldspath, à points noirs et quelquefois à cristaux d'amphibole et à laumonite (Ralligen, Bex, Sixt.)

Var. Prismé (Ralligen).

Espèce 23. *Grès tapanhoacanga.*

Déf. Composé arénacé quarzeux, à fer hydraté, oxydulé et oligiste, à manganèse, talc terreux, lithomarge, topaze, diamant, wavellite et fer phosphaté (Brésil).

Nota. Toutes ces roches peuvent être micacées, compactes, schisteuses, globulaires, à impressions végétales ou coquillages, et de teintes rouges, jaunes, bleuâtres, bigarrées, tachetées ou zonées.

C. *Sables et galets.*

Espèce 1. *Sables* et *galets calcaires.*

Espèce 2. *Quarzeux.*

Var. Ferrugineux ou colorés par l'oxyde de manganèse (Saint-Sevère).

Espèce 3. *S. siliceux* (fragments de silex).

Espèce 4. *S. feldspathiques.*

Espèce 5. *S. granitiques.*

Subst. accid. Topaze, Emeraude (Ecosse).

Espèce 6. *S. anagéniques* (fragments de divers genres).

Espèce 7. *S. serpentineux.*

Espèce 8. *S. pyroxéniques.*

Espèce 9. *S. basaltiques.*

Var. Gemmifères (Zircon (Velay), Corindon.

Espèce 10. *S. volcaniques.*

Var. A olivine. Lapilli.

Espèce 11. *S. ferrifères.*

Var. A fer oligiste, fer oxydé chromifère ou *titanifères* (lac de Laach, Gênes).

Espèce 12. *S. verts* ou *glauconiens* (à silicate de fer).

Espèce 13. *S. stannifères* (Cornouailles, Malacca).

Espèce 14. *S. aurifères.*

Espèce 15. *S. platinifères.*

Var. A palladium (Brésil), à iridium et osmium (Oural).

Espèce 16. *S. diamantifères.*

Espèce 17. *S. gemmifères* (île de Ceylan).

Espèce 18. *S. bituminifères* (Lobsann, Zilenzig).

Espèce 19. *S. argileux.*

Espèce 20. *S. marneux.*

☞ *Nota.* Plusieurs de ces sables peuvent être coquilliers, à Nummulites (Lenticulines), Licophris (Bordeaux), Alcyons, Polypiers, Cérithes, etc., Coquilles d'eau douce ou mélanges de coquilles marines et d'eau douce.

§ III. Cendres volcaniques.

Espèce 21. *Cendres scoriacées.*
Espèce 22. *C. feldspathiques.*
Espèce 23. *C. pyroxéniques.*
Espèce 24. *C. basaltiques.*
Espèce 25. *C. amphigéniques.*
Espèce 26. *C. vitreuses.*
Espèce 27. *C. ponceuses.*

§ IV. Agrégats de coraux ou de polypiers.

Dépôts anciens ou modernes (Syn. certains *Tufeaux* de la Manche).

§ V. Faluns ou agrégats de coquillages.

Var. A ciment formé par des débris de coquilles (Bordeaux, Dax, Nantes, Nexing, en Autriche).

XLIX. ROCHES ARGILEUSES PROPREMENT DITES.

Espèce 1. *Stéatite.*
Var. En pseudo-cristaux (Wunsiedel, Bavière).
Espèce 2. *Argile* (faisant pâte avec l'eau).
Sous-espèce 1. *A. ordinaire.*
Var. Smectique (Fumel), terre à foulon plastique (Syn. *Topferthon*), micacée.
Subst. accid. Grenat (Bohême), Nitrate de soude (Atacama), Muriate de soude.

Sous-espèce 2. *Magnésienne.*

Sous-espèce 3. *Ferrugineuse*; ocre rouge, brune, jaune (Syn. *Gelbe Erde*), oolitique.

Sous-espèce 4. *Sableuse.*

Sous-espèce 5. *Limoneuse* (Syn. *Lehm*, *Loam*) (limon de rivière).

Espèce 3. *Marne* (faisant pâte avec l'eau et effervescente).

Sous-espèce 1. *Ordinaire.*

Sous-espèce 2. *Argileuse* (peu effervescente).

Subst. accid. Arragonite, Sélénite, Sel, Glaubérite Fer oligiste, Pyrite (Fer sulfuré triglyphe, Lemgo).

Sous-espèce 3. *Sableuse.*

Sous-espèce 4. *Verte* ou *glauconienne* (à silicate de fer).

Sous-espèce 5. *Bitumineuse* ou *pétrolienne.*

Sous-espèce 6. *Limoneuse* (Syn. certains *Lehm*, *Loam*), à rognons calcarifères, coquilles, ossements.

* Marnes altérées par la voie ignée.

Sous-espèces. *Jaspoïde*, quelquefois coquillière (Portrush, chaussée des Géants, Sky, Saint-Antonio, Blaue-Kuppe), *vitrifiée*, et quelquefois *prismée.*

Espèce 4. *Marne endurcie* ou *calcaire.*

Sous-espèce 1. *Verte* ou *glauconienne.*

Sous-espèce 2. *Bitumineuse.*

Sous-espèce 3. *Cristalliforme*, composé de parties coniques ou prismées, ayant des formes semi-cristallines voisines de celles de la chaux carbonatée (Syn. *Tutenmergel*, *Nagelkalk*) (Lias du Wurtemberg).

Subst. accid. Impressions de Plantes, débris de Reptiles, de Poissons (Aix), d'Insectes (Sinigaglia), Œufs d'oiseaux (Auvergne).

Espèce 5. *Magnésite.*

Var. Compacte ou feuilletée (Salinelle, Coulommiers), mêlée d'argile (Syn. Argile schisteuse happante ou *Klebschiefer*), à dendrites d'oxyde de fer ou de manganèse (Castille).

Espèce 6. *Argile schisteuse* (Syn. *Argilite*).

(Ne faisant pas pâte avec l'eau).

Sous-espèce 1. *Alunifère* ou *Schiste alumineux* du lias (Whitby, Amberg).

Sous-espèce 2. *Bitumineuse* ou *Schiste bitumineux* (houillères); raclure brune noire, à rognons de fer carbonaté; quelquefois à *ludus Helmontii*; coquilles marines ou d'eau douce.

* Argile schisteuse altérée par la voie ignée au contact de la serpentine, du porphyre, du trapp, du basalte, etc.

Sous-espèce 1. *Endurcie.*

Var. Décolorée, grenatifère (Anglesea), à fer oligiste (Willendorf, Autriche).

Sous-espèce 2. *Jaspoïde.*

Var. Décolorée, prismée (Ettingshausen, Wetteravie).

Espèce 6. *Terre végétale.*

Espèce 7. *Terre animale* ou noire, des cavernes ossifères.

Espèce 8. *Album græcum* d'animaux (Hyène, etc.).

Var. Coprolites, excrémens ou matières intestinales fossiles des reptiles.

Espèce 9. *Fiente d'oiseaux* (îles Galapos, Pérou).

L. ROCHES VITRIFIÉES.

Roches produites par l'embrasement de couches de combustibles.

Espèce 1. *Tripoli* ou *Schiste tripolien.*

Blanc, gris ou rouge; provenant du schiste argileux modifié par une combustion de l'ampélite pyriteuse (Poligny, Bretagne).

Provenant de l'argile schisteuse modifiée par l'embrasement de la houille ou du lignite (Syn. *Polierschiefer*) (Bohême, Habichtswald, Francfort-sur-Mein, Menat.)

Subst. accid. Impressions de Végétaux, de Poissons, etc.

Espèce 2. *Argile* ou *Marne schisteuse* cuite (Hering, Tœplitz), impressionnée, à coquilles d'eau douce, etc.

Espèce 3. *Porcellanite* ou *Thermantide* (Argile schisteuse vitrifiée).

Var. Ordinaire, cellulaire, vitreuse (La Bouiche, Auvergne.)

Espèce 4. *Grès décolorés* ou *frittés*.

Espèce 5. *Scories terreuses* (Menat, Dockweiler, Dyssart, Ecosse, Brennberg, près de Vienne).

Espèce 6. *Fer oxydulé compacte*, provenant du fer hydraté ou de pyrites (Menat).

Espèce 7. *Fer oxydé argileux rouge*, provenant du fer carbonaté.

Var. Bacillaire (Dyssart, Ecosse, Bilin).

Appendix. *Fulgurites* ou sables et roches vitrifiées par la foudre (1).

LI. ROCHES MÉTÉORIQUES.

Espèce 1. *Aérolithes*.

Var. A labradorite, pyroxène, pyrite magnétique, etc.

---

(1) Voyez Mém. de M. Fiedler (*Ann. de Chim.*, vol. 24, p. 410, et vol. 37, p. 220). Delarive (*dito*, p. 319), *Uber d. Blitz-röhren*, etc., par M. Ribbentrop. Brunswick, 1830, in-8°, à pl.

Espèce 2. *Fer météorique.*
Var. Vésiculaire, à olivine.

LII. ROCHES DES FILONS ET DES AMAS.

Espèce 1. *Agrégats quarzeux.*
Espèce 2. *A. de silex corné.*
Espèce 3. *A. calcédoniques.*
Var. Agathe rubannée.
Espèce 4. *A. calcaires.*
Espèce 5. *A. barytiques* (Duston).
Espèce 6. *A. strontianiques* (Strontian).
Espèce 7. *A. fluoriques* (Northumberland).
Espèce 8. *A. pyriteux.*
Espèce 9. *A. de galène.*
Espèce 10. *A. de galène et de cuivre pyriteux.*
Espèce 11. *A. de galène et de blende.*
Espèce 12. *A. de blende.*
Espèce 13. *A. de calamine.*
Espèce 14. *A. de fer spathique.*
Espèce 15. *A. de fer hydraté.*
Espèce 16. *A. de manganèse oxydé.*
Espèce 17. *A. de manganèse carbonaté* (Kapnik).
Espèce 18. *A. d'antimoine sulfuré.*
Espèce 19. *A. aurifères.*
Espèce 20. *A. cuprifères.*
Espèce 21. *A. stannifères*. etc.

CHAPITRE II.

Observations à faire sur les roches.

§ I. Composition des roches.

Si les roches sont *composées*, des minéraux particuliers remplacent-ils quelques-uns de ceux qui les constituent ordinairement? La couleur de certains éléments devient-elle caractéristique pour ce genre de roches sur de grandes étendues? Observe-t-on une différence marquée dans les teintes des couches d'une même roche, suivant qu'elles occupent un niveau supérieur ou inférieur dans le dépôt? La couleur change-t-elle tout-à-fait ou les teintes deviennent-elles seulement plus claires dans les parties supérieures? Quelles causes expliquent ces apparences? La coloration provenant de particules métalliques, ces dernières n'étaient-elles pas assez abondantes, ou étaient-elles trop pesantes pour se continuer des couches inférieures aux couches supérieures? Certains calcaires doivent-ils leurs teintes foncées à la matière animale des mollusques, dont ils recèlent les dépouilles, ou bien à la matière animale d'animaux mous sans coquilles? La présence de cette substance bitumineuse se décèle-t-elle par une odeur empyreumatique, ou bien la roche blanchit-elle lorsqu'on l'expose à une haute température?

La coloration étant fort inégale donne-t-elle à la roche un aspect tacheté, zoné ou bréchiforme? Comment peuvent s'expliquer ces groupements de matières colorantes?

Quant aux *brèches*, la place qu'elles occupent est-elle très variable, de manière à indiquer dans leur formation des particularités locales? Existent-elles surtout dans de profondes vallées ou sur le pied de dépôts plus anciens,

ou bien remplissent-elles des bassins étendus? Ne sont-elles que des dépôts locaux très récents, ou ont-elles été formées beaucoup plus anciennement? Sont-elles sous la forme de grandes salbandes à côté de certaines masses minérales ou les enclavent-elles tout-à-fait? Ne sont-elles que sur un côté? Font-elles masse avec les roches adjacentes ou un tout à part? Sont-ce des matières poussées de bas en haut, ou bien des fragments de roches tombés dans des crevasses ou accumulés accidentellement et cimentés postérieurement en brèches?

Quels changements les *agglomérats* laissent-ils apercevoir dans leurs principales particularités à mesure qu'on s'éloigne des hautes montagnes? Ces roches et les poudingues ne sont-ils que des fragments charriés et accumulés par les torrents des montagnes? Des faits démontrent-ils que ces dépôts ont été formés sous l'eau de mer? Y a-t-il des fossiles marins ou d'eau douce?

Les cailloux sont-ils dans une position contraire à celle qu'ils devraient avoir conformément aux lois de la pesanteur? Cette position est-elle celle qu'ils offriraient si les couches inclinées étaient horizontales? Ces roches fragmentaires indiquent-elles que les montagnes voisines ont éprouvé des bouleversements, ou bien doit-on les regarder comme provenant de fort loin? Quelles données fournissent à cet égard les agrégats placés sur les pentes et au pied des montagnes voisines? Leur formation donne-t-elle l'idée d'une espèce d'opposition entre les forces mécaniques et chimiques?

La conservation des cailloux est-elle très diverse dans les différentes couches? Les cailloux de certaines couches de roches agrégées sont-ils tellement décomposés par l'oxydation des matières métalliques que leur nature originaire est à peine reconnaissable? Des cailloux de calcaire compacte sont-ils réduits en une matière friable? Dans d'au-

tres couches, les cailloux roulés sont-ils si bien conservés qu'on les dirait détachés récemment de leur gîte primitif? A l'exception des blocs dérivés de roches schisteuses, les plus gros sont-ils le plus arrondis, tandis que les plus petits offrent plutôt des formes polyédriques? Certains fragments ou cailloux constituent-ils en quelque sorte toute la masse d'un agrégat? Quelles roches y sont rares comparativement à d'autres masses?

Un aggloméрat contient-il des débris des roches avec lesquelles il alterne ou de celles qui le recouvrent? Dans ce dernier cas, n'est-ce pas une preuve que l'agrégat a été formé postérieurement aux roches qui le renferment? Par quelle voie ignée ou neptunienne cette intercallation a-t-elle pu avoir lieu?

L'étude des parties constituantes des brèches, des agglomérats et des poudingues est extrêmement importante pour comprendre les destructions et les révolutions que les chaînes de montagnes ont éprouvées. Si on parvient ainsi à s'expliquer l'excavation de leurs anfractuosités, les agglomérats y indiquent la présence de roches qu'on n'y soupçonnait pas, tandis qu'ailleurs les agrégats contenant des roches étrangères à la chaîne voisine restent comme témoins des charriages qui ont eu lieu très anciennement d'une chaîne à une autre. Il faut donc rassembler avec soin tous les fragments et les cailloux des diverses couches des agglomérats et des poudingues et même tirer parti à cet égard des cailloux épars dans le lit des cours d'eau.

Ciment. Quelle est sa nature? Est-il partout le même ou est-il distinct çà et là, ou certaines couches entières ont-elles une pâte particulière? Un poudingue ou un agrégat est-il partout également compacte ou offre-t-il à cet égard, des différences considérables? La force d'une cimentation calcaire a-t-elle été augmentée par la

présence de restes organiques? Le ciment siliceux calcaire ou non magnésien paraît-il le résultat du voisinage de quelques actions volcaniques ou d'eaux minérales?

Y a-t-il des alternats d'agrégats fins et grossiers? Les couches inférieures sont-elles toujours les plus grossières, ou ces dernières se montrent-elles aussi dans les masses supérieures? Y a-t-il des blocs isolés dans les agrégats d'une composition assez uniforme pour la grosseur des parties constituantes? Ces blocs sont-ils composés des mêmes roches que le reste des fragments, ou sont-ils d'une nature différente? Y a-t-il des bancs de cailloux placés çà et là parallèlement aux plans de séparation des couches? Y a-t-il çà et là des amas sableux ou des parties désagrégées ou altérées?

§ II. Structure des roches.

Il faut faire une attention particulière à la texture des roches qui peut être *laminaire* ou *grenue* (Syn. *lamelleuse* ou *saccharoïde*), *schisteuse* (Syn. *feuilletée*), parfaitement ou imparfaitement, à feuillets minces ou épais, planes ou contournées, *compacte* ou *pulvérulente*, ou *terreuse*. D'une autre part, leur structure peut être *simple*, *granitique*, *porphyrique*, *variolaire*, *drusique*, *vésiculaire*, *amygdalaire* (à noyaux contemporains ou d'origine postérieure), *tubulaire*, *rubannée*, *glandulaire* ou *entrelacée*, *irrégulière*, *fragmentaire* ou *arénacée*, *fendillée* et *pseudo-régulière*, dernière structure qui se sous-divise en tétraédrique, rhomboédrique, prismatique, globulaire et en plaquettes.

Enfin, les roches peuvent aussi avoir une structure *double* ou *composée*, c'est-à-dire réunissant deux ou même trois des textures ou structures précédentes : par exemple, une roche peut être grenue et schisteuse ou

porphyrique, compacte et feuilletée, granitique et glandulaire ou amygdalaire et porphyrique, etc.

Texture grenue. Le grain de la roche présente-t-il quelque différence d'après la hauteur qu'elle occupe? La texture grenue passe-t-elle à la texture compacte dans certaines parties? Comment sont placées les parties grenues par rapport aux masses voisines d'une roche ou d'une couche?

Texture schisteuse. La roche est-elle vraiment schisteuse, ou n'est-elle divisée qu'en feuillets imparfaits ou en plaquettes? Ce dernier genre de fausse division feuilletée n'est-il pas la seule structure des roches ignées, qui ait pu faire croire qu'elles étaient quelquefois réellement schisteuses, ce qui n'est pourtant que le propre des sédiments neptuniens? Les feuillets sont-ils fortement contournés? La texture schisteuse existe-t-elle dans toute la masse, ou disparaît-elle, dans certains points, au voisinage de certaines masses?

Cette division en feuillets peut-elle être regardée comme un effet de la succession de dépôts neptuniens, qui ont souffert de temps en temps de petites interruptions, ou bien ne doit-on y voir qu'un effet de retrait? Est-il possible d'apprécier, pour certaines roches, le temps qu'il a fallu pour former chacun de leurs feuillets?

Texture compacte. La place occupée par cette texture a-t-elle l'air d'être en quelque rapport avec une roche voisine d'origine neptunienne ou ignée?

Texture pulvérulente ou *terreuse*. Cet état de la roche est-il originaire et un effet de sa formation sédimentaire ou volcanique? Ou bien est-ce une suite de désagrégation et de décomposition par les agents de l'air et de l'eau, ou d'altérations par la voie ignée, telles que celles provenant de vapeurs acides, de l'exposition à une grande chaleur, etc.? Dans quelles parties de la roche cet état se

remarque-t-il? Est-ce dans une roche stratifiée ou massive? Dans le premier cas, cet accident a-t-il lieu non loin d'un dépôt igné, de filons métallifères, etc.?

Structure granitique. Cette structure n'est-elle pas presque uniquement le propre des roches massives ou ignées et des roches neptuniennes, qui ont été le plus complètement altérées par l'action volcanique dans l'arrangement de leurs parties constituantes?

Structure porphyrique et *variolaire.* Ces structures ne sont-elles pas aussi principalement des attributs des roches massives ou ignées? Les nœuds variolaires sont-ils à stries concentriques et rayonnées, ou ne sont-ce que des petites masses ovoïdes offrant une cristallisation confuse? Jusqu'à quel point peut-on comparer, dans les roches ignées, la structure porphyrique et variolaire, et y reconnaître les indications de deux modifications du jeu des affinités chimiques? Dans la première, l'affinité chimique n'a-t-elle pas eu plus de liberté d'action, soit en raison de la nature de la pâte des roches, soit par suite de leur refroidissement; de plus, les éléments constituant les cristaux isolés du porphyre ne se trouvaient-ils pas en des proportions telles que la cristallisation régulière, ou au moins la formation de macles en a été singulièrement favorisée? Dans la structure variolaire tout le contraire aurait-il eu lieu, et l'affinité chimique des molécules n'aurait-elle pu effectuer ainsi qu'une cristallisation confuse? Doit-on croire que de petits cristaux imperceptibles ont quelquefois déterminé la place de ces noyaux?

Certaines roches variolaires auraient-elles été amenées à cette structure, en empâtant, lors de leur sortie de terre, des fragments d'autres roches, débris qui s'étant plus ou moins mal fondus avec la pâte, auraient servi de noyaux ou au moins de centres d'attraction pour la

production de noyaux dans certaines variolites ou dans des basaltes variolaires ?

La structure variolaire avec des noyaux à stries concentriques et rayonnés, n'indique-t-elle pas un refroidissement particulier assez prompt, témoins les perlites et les sphérolites produits dans les lettiers ?

Structure drusique. Ne faut-il pas bien distinguer les druses des roches ignées d'avec celles des roches sédimentaires neptuniennes ? Si ces dernières sont la plupart tapissées par suite d'infiltrations aqueuses, au contact des roches ignées ne se forme-t-il pas aussi dans les sédiments des druses par sublimation ? Les minéraux qui tapissent les druses des roches ignées, ne paraissent-ils pas le plus souvent des produits sublimés et quelquefois des dépôts de matières dissoutes dans des vapeurs aqueuses chaudes ? L'opale ne serait-elle pas dans ce dernier cas ?

Structure vésiculaire. N'est-elle pas le propre des roches ignées ?

Structure amygdalaire. La roche est-elle poreuse ou drusique, ou bien les amandes sont-elles toutes remplies ? Quelle est la forme de ces dernières ou des vacuoles ? Sont-elles angulaires, rondes ou elliptiques et allongées ? Sont elles toutes dirigées dans une certaine direction ? Sont-elles répandues dans toute la masse ou ne se trouvent-elles que dans ses parties supérieures ou inférieures ? Lorsque les parties vésiculaires sont abondantes dans la portion inférieure d'une roche ignée, est-ce une preuve qu'elle a coulé sur une surface humide ?

Les amandes ou les vacuoles sont-elles si abondantes, que la roche ne serait qu'une scorie sans elles, ou lorsqu'on en a extrait les amandes, par exemple, au moyen des acides lorsqu'elles sont calcaires ?

Les parois des vacuoles sont-elles couvertes d'un en

duit particulier? Dans quels rapports se trouvent les minéraux qui remplissent les cavités? Sont-ce tous des produits de cristallisation contemporaine électro-chimique ou de sublimation sèche ou accompagnée de vapeurs aqueuses, ou bien sont-ce des résultats d'infiltrations postérieures? Les noyaux réunissent-ils des produits des deux genres? Contiennent-ils aussi des matières qui ne sont que le résultat de la décomposition lente de certains minéraux et de leur transport graduel dans les cavités, au moyen de filtrations aqueuses?

Si la terre verte peut avoir cette dernière origine et provenir du pyroxène, comme la limbilite dérive du péridot, est-il réellement permis d'étendre cette idée à la production des minéraux zéolitiques dans les amygdaloïdes?

Structure tubulaire ou *roches à tubulures*. Cette structure à tubulures ondulées et irrégulières, n'est-elle pas le propre des masses sédimentaires qu'un gaz a traversées? Les porosités ainsi produites ne se distinguent-elles pas très bien des vacuoles des roches ignées ainsi que des cavités produites par des fentes de dessèchement? Sont-elles tapissées de cristaux?

Structure rubannée. Est-elle produite par des associations différentes de minéraux ou des colorations diverses? Comment peut-on s'expliquer cette structure? Dans les sédiments et dans les roches produites par sublimation ou infiltration, n'a-t-elle pas dû exiger une alternative singulière et répétée à courtes intervalles de deux genres de dépôts, tandis que dans les roches ignées elle semblerait indiquer souvent une espèce de mouvement dans les masses?

Structure glandulaire ou *entrelacée*. Est-elle le résultat d'une cristallisation imparfaite ou bien d'un entrelacement de deux sédiments différents? Dans certains

calcaires ne provient-elle pas, en grande partie, de l'empâtement de certains polypiers ou coquillages, surtout multiloculaires, (Nautiles, Ammonées, etc.), qui n'ont guère laissé de traces de leur présence?

Structure irrégulière. Quelle cause peut-on assigner à cette structure? Est-il possible d'y voir une cristallisation confuse ou une roche qui a reçu certaines matières par suite d'une imprégnation ignée irrégulière, comme certains calcaires serpentineux? Dans les roches sédimentaires modifiées ou celles qui font partie des schistes cristallins, cette structure n'est-elle pas le dernier moyen pour reconnaître la nature originaire des masses, témoins certains marbres cipolins, certains schistes stéatiteux ou talqueux, etc.

Structure fendillée. Les fentes qui sillonnent la roche sont-elles vides ou sont-elles tapissées de cristaux, ou bien ont-elles été remplies postérieurement par une substance minérale? Les deux derniers accidents sont-ils le produit d'infiltrations aqueuses ou de sublimations ignées, ou de déplacements de molécules par suite d'affinités électro-chimiques? Les fentes vides ou très faiblement remplies n'abondent-elles pas dans les grandes chaînes ou les masses redressées? Ces fendillements ne sont-ils pas tantôt des accidents de retrait, tantôt la suite des forces destructives de gaz volcaniques qui ont cherché à se faire jour du sein de la terre, comme le prouvent beaucoup d'endroits des Alpes calcaires?

Structure fragmentaire ou *arénacée.* Est-elle produite par une brèche, un agglomérat, un poudingue ou des sables? Dans chacun de ces cas, quelles en sont les causes génératrices? Un poudingue n'est-il pas toujours une roche d'agrégation neptunienne, une brèche une roche d'agrégation ignée, à l'exception des brèches calcaires, argilo-calcaires et argilo-marneuses, tandis que

les agglomérats, en exceptant toutefois peut-être la grauwacke schisteuse, sont des roches d'une origine mixte, c'est-à-dire cimentées par des infiltrations aqueuses et formées sous les eaux, au moyen de matières ignées qui y ont été lancées par les volcans, ou qui y ont été amenées au moyen de torrents de boue et de pierres? Les sables ne sont-ils pas tantôt des produits de la désagrégation ou décomposition des roches, tantôt des dépôts provenant du charriage des eaux, tantôt des débris de petit volume, lancés par les volcans?

Structure pseudo-régulière. Cette structure rentre-t-elle dans la structure pseudo-régulière en grand, ou n'est-ce qu'un accident en petit? Paraît-elle dépendre d'un retrait par suite de refroidissement ou de desséchement ou de la présence de certains minéraux, ou plutôt de la tendance cristalline des éléments de certains minéraux répandus dans la masse, comme, par exemple, celle de la chaux carbonatée dans le grès calcarifère cristallisé de Fontainebleau ou du keuper de Tubingue? Le plus souvent, n'est-il pas très difficile de remonter à la cause de cette tendance singulière de certaines roches pour les formes régulières en petit?

§ III. Minéraux accidentels dans les roches.

Quels sont les minéraux accidentels qui sont les plus remarquables et qui se trouvent le plus fréquemment dans une roche? Quelques-uns d'entre eux sont-ils caractéristiques pour certaines localités ou pour toute une chaîne ou une portion de dépôt? Leur augmentation successive dans une roche y donne-t-elle lieu à des passages de cette roche à une autre? Sous quelles circonstances la fréquence de ces accidents diminue-t-elle?

Les cristaux des minéraux accidentels sont-ils placés

dans une direction constante? Donnent-ils à la roche une tendance à la structure feuilletée? Leur composition est-elle fort différente de celle de la roche qui les contient? Certains minéraux accidentels ne varient-ils pas dans leur composition, dans leurs formes cristallines, dans leur aspect et leurs couleurs, suivant qu'ils se trouvent empâtés dans telle ou telle roche (1)?

Comment distingue-t-on les substances accidentelles, qui ne sont dues qu'à des infiltrations ou des sublimations postérieures, d'avec celles qui sont des parties constituantes de la roche et qui ont été formées en même temps que cette dernière, par voie de cristallisation ou de sédiment? Les premières ne sont-elles pas plutôt en petits filons qu'en cristaux isolés, ou du moins ces derniers ne sont-ils pas accompagnés de cet accident?

N'observe-t-on pas une plus grande différence de composition entre les minéraux de formation postérieure et la roche qui les empâte qu'entre cette dernière et ses minéraux de formation contemporaine?

§ IV. Nids et petits filons des roches.

Le plus souvent une grande différence naturelle n'existe-t-elle pas entre les nids et les petits filons des roches? Les nids ne rentrent-ils pas fréquemment, malgré leur petitesse, dans la classe des amas formés en même temps que la roche? N'y en a-t-il pas aussi dans les roches modifiées par la voie ignée ou par infiltration, qui ne sont que le produit d'affinités chimiques, s'exerçant au milieu d'une masse à demi-pâteuse ou ramollie?

---

(1) Exemple : Les variétés des Amphiboles, des Pyroxènes, des Grenats, des Epidotes, suivant que la roche est calcaire, magnésienne, feldspathique, ferrugineuse, manganésifère, etc.

N'y a-t-il pas des nids qui établissent un passage de ce genre de formation à celui des petits filons? Ces derniers ne sont-ils souvent dans les roches neptuniennes que des effets de retraits et d'infiltrations aqueuses, tandis que dans les masses ignées ils sont bien plus fréquemment des résultats de sublimation ou d'affinités électro-chimiques?

N'y a-t-il pas aussi dans les roches neptuniennes en contact avec des masses ignées ou modifiées par des actions plutoniques, des petits filons produits par l'introduction de nouvelles matières ou par un arrangement différent dans les combinaisons chimiques des roches, modification favorisée par la chaleur, diminuant la force de cohésion, et donnant plus de liberté au jeu des molécules?

N'y a-t-il pas des petits filons qui font le passage aux druses, ou qui ne sont, en d'autres termes, que des druses de formes très allongées et bizarres?

§ V. Passages d'une roche à une autre.

Les passages insensibles d'une roche à une autre sont des accidents très communs et très utiles à bien constater; il arrive même que certaines roches se montrent bien plus sous une forme intermédiaire entre une espèce et une autre, que comme une espèce présentant tous ses caractères essentiels : cela a surtout lieu dans les alternatives répétées de plusieurs roches diverses.

La transition d'une roche à une autre s'établit-elle au moyen de différence dans les proportions ou la nature de ses parties constituantes? Une de ces dernières devient-elle tellement abondante qu'elle donne à la roche un autre aspect, ou la fait passer à une autre espèce? Un des éléments d'une roche est-il remplacé en partie

ou tout-à-fait par un nouveau minéral, et disparaît-il enfin entièrement dans la transmutation de cette roche en une autre? Des portions d'une roche pénètrent-elles dans celles d'une masse voisine, dans ce cas y a-t-il passage véritable ou fusion seulement accidentelle?

Des changements de structure sont-ils la source de la transition, ou bien cette dernière n'est-elle que le produit d'un enchevêtrement mutuel de deux roches, ou de l'action réciproque d'une roche sur l'autre? Quels changements ce genre de phénomène fait-il éprouver à la roche, relativement à son état ou à quelques-unes de ses parties constituantes? Certaines roches, telles que des gneiss, des micaschistes, des talcschistes, etc., n'offrent-elles pas très fréquemment une espèce d'oscillation dans leurs caractères, en passant irrégulièrement à d'autres masses?

§ VI. Consolidation des roches.

La consolidation des roches à pâte cristalline, ou formées par voie de cristallisation, est dû à ce dernier procédé chimique; dans les autres masses sédimentaires ou fragmentaires, la consolidation s'est opérée d'un côté par le tassement, c'est à-dire par la cohésion des éléments hétérogènes, produite par le poids des masses; et de l'autre par diverses infiltrations dont les principales ont été des eaux chargées de carbonate de chaux, de silice, d'hydrate de silice, d'hydrate d'oxyde de fer ou de manganèse.

La plupart des roches sédimentaires ayant été formées sous l'eau de mer, quelques savants ont pensé qu'on devait y retrouver une petite quantité de matières salines, mais le lavage des infiltrations des

eaux superficielles a dû les leur enlever depuis longtemps (1).

§ VII. Changements produits par le contact ou le voisinage des roches plutoniques, et en général par les actions ignées.

Jusqu'ici on n'a pas encore étudié suffisamment les modifications occasionées dans les roches stratifiées ou massives par le passage ou le voisinage des roches plutoniques. Grâces aux anciens volcanistes et à l'école huttonienne, la presque totalité des géologues actuels reconnaissent certaines altérations très singulières produites par la voie ignée, telle que le passage du calcaire compacte au calcaire grenu, la transmutation d'une marne en une roche jaspoïde, d'une roche feldspathique en une alunite, etc.; mais il ne règne point la même unanimité d'opinions sur d'autres changements, tout aussi réels et importants, et une partie des véritables altérations ignées passe encore pour des effets de décompositions.

C'est surtout cette divergence d'idées qui caractérise dans ce moment les différentes écoles géologiques, et sépare d'une manière tranchée l'ancienne école volcanique d'avec la nouvelle.

D'après cette dernière, la voie ignée, c'est-à-dire l'action plus ou moins longue et forte de la chaleur avec ou sans épanchement de lave à la surface du sol et l'action de certains gaz acides et de différentes matières terreuses ou métalliques à l'état de gaz ou de sublimation ont donné lieu aux changements suivants, soit immédiatement, soit

---

(1) Voyez, à cet égard, un Mém. de sir J. Hall. (*Trans. of the roy. Soc. of Edinburgh*, vol. 10, 1825, et *Annals of Phil.*, oct. 1826, p. 299).

en provoquant ou favorisant le jeu des affinités électro-chimiques.

1° La *décoloration des roches* a été produite surtout par des gaz acides, et elle s'observe aussi bien dans les dépôts stratifiés que dans les schistes cristallins et les roches massives. On la trouve souvent dans le voisinage des roches ignées en filons ou culots et des filons métallifères ou remplis de certains minéraux. Ainsi un filon basaltique traversant un basalte aura pour murs une roche d'une teinte particulière, etc. Mais il arrive aussi que les causes productives de ce phénomène ne sont pas visibles; ainsi des talcschistes, etc., seront décolorés sans traces de roches ignées; un dyke de trapp, une faille, etc., n'aura pu se montrer au jour que çà et là, or entre les points où l'accident est bien manifeste, on observera des bandes de roches décolorées. Ces modifications sont le plus souvent négligées ou attribuées à la décomposition des pyrites ou d'autres substances.

Les gaz acides qui paraissent avoir occasioné le plus souvent la décoloration, sont l'acide sulfureux et hydrochlorique, l'acide carbonique et l'hydrogène sulfuré, auxquels il faut ajouter l'acide fluorique, borique et phosphorique, et probablement les acides métalliques, tels que l'acide arsénique, chromique et molybdique.

La décoloration communique aux roches des teintes blanches, jaunes, rougeâtres ou violâtres, couleurs qui sont arrangées souvent en zones, et dont les premières indiquant une action plus forte sont ordinairement plus voisines de la cause décolorante que les dernières.

2° Certaines roches ont pris une *teinte foncée* par suite d'une modification ignée particulière. On dirait quelquefois qu'un deutoxyde de fer ou un peroxyde de manganèse les a pénétrés, tandis qu'ailleurs ce serait le carbone qui les aurait colorés.

L'uniformité de la teinte noire des roches de certaines parties des Alpes sont d'autant plus remarquables que dans d'autres localités, des couleurs très claires sont le propre des mêmes dépôts. C'est encore là un point de géogénie sur lequel on n'est point d'accord, les uns voulant lier cette coloration aux bouleversements éprouvés par les couches stratifiées alpines, les autres n'y voyant qu'un accident local du dépôt, lors de sa formation neptunienne.

Il n'en est pas de même de la plupart des colorations métalliques, parce qu'elles se rencontrent le plus souvent à côté ou non loin de masses ignées.

3° Il y a des roches stratifiées qui offrent des *zones* ou des *bandes colorées en rouge* probablement par le tritoxyde de fer. La cause de cet accident a été attribuée, par certains géologues, à une imprégnation ignée, comme dans le cas des schistes rouges de certains cantons, qui n'ont paru que le prolongement d'un filon plutonique ou métallique. L'origine de certaines bandes de calcaire rouge dans les Alpes a été mise dans la même catégorie par M. Studer : c'est au géologue-voyageur à déterminer jusqu'à quel point il est permis d'adopter de pareilles suppositions.

A côté de filons de porphyre pyroxénique ou de basalte, on a observé dans les couches altérées du trias des lignes ferrugineuses de teintes grises foncées ou noires, ce qui provient du changement du carbonate d'oxydule de fer ou de l'oxyde de fer, avec ou sans eau, en oxydule de fer noir.

4° Le *fendillement*, bien différent du retrait des masses, est une manifestation particulière de l'action ignée, qui est rarement associée avec des épanchements de masses plutoniques en rapport avec le phénomène en question, tandis qu'il est un accident concomitant des

redressements et des failles. Le fendillement indique une force considérable, qui nécessite la supposition de l'action réitérée de gaz comprimés. Il est évident que la production d'une si immense quantité de diverses fentes a dû exiger l'application de la même force dans des directions très différentes, et il est de toute impossibilité de rattacher les grands accidents de fendillements en petits, ou les réseaux de fendillements à ceux de soulèvements, de redressements et d'affaissements. Ces derniers phénomènes ont produit des fentes nombreuses; la plupart des vallées et un certain nombre de filons métallifères ou pierreux en sont les preuves; mais les réseaux de fendillements n'ont pas eu une cause si brusque et si peu répétée.

Les masses ont été d'abord traversées de grandes fentes, les parties détachées ont glissé en partie les unes sur les autres; d'autres ont eu même, pendant quelque temps, un mouvement alternatif d'ascension et de descente par l'effet de l'échappement des gaz agissant comme dans une machine à vapeur, et ainsi se sont formées des fentes remplies en partie de matières pulvérulentes, ainsi que des parois polies et striées. Ces premiers changements opérés, les causes modifiantes ont cessé d'agir, ou bien un autre travail igné ou électro-chimique a commencé et a tapissé de minéraux ou de minerais une partie des fentes. Mais lorsque les causes de fendillements ont continué en même temps que ces accidents avaient lieu, la force des gaz aidés par la chaleur a trouvé le moyen de pratiquer latéralement aux grandes fentes ou ailleurs une foule d'autres passages aux fluides élastiques. Telle est la manière dont la vue des Alpes calcaires m'a fait concevoir le fendillement par la voie ignée, accident extrêmement curieux et compris encore par bien peu de personnes. Les calcaires ou les schistes

fendillés n'ont rien de commun avec les mêmes roches ayant éprouvé des retraits et plus tard des infiltrations calcaires.

Si des phénomènes électriques peuvent avoir concouru à la production des fendillements, il me semble que cela doit avoir été surtout dans les cas de réseaux de fentes en partie remplies de substances minérales.

Un fendillement particulier produit par la voie ignée est celui qui occasione dans les roches traversées par les masses plutoniques une espèce de clivage parallèle aux surfaces de ces dernières. Ainsi un filon basaltique dans le grès bigarré aura des épontes altérées et divisées par des fentes en plaques parallèles au filon. Je soupçonne qu'on doit attribuer à cet accident certains clivages contraires à la stratification, qui s'observent quelquefois sur de grandes étendues dans des roches secondaires des Alpes (Basses-Alpes), ou dans les schistes appelés intermédiaires (Westmoreland). Quoique les éruptions ignées ne soient pas toujours visibles, on comprend qu'un fendillement pareil peut avoir lieu par le réchauffement et le refroidissement graduel des masses, et que les fentes ne peuvent qu'être parallèles à la surface incandescente qui les produit. Suivant que ces dernières coupent les plans de stratification sous des angles droits ou plus ou moins aigus, les couches se trouvent divisées en portions cubiques ou rhomboédriques.

5° La *perte du lustre* ou *de l'éclat* d'une roche est une modification ignée qui s'observe surtout au contact des masses plutoniques, ou qui affecte d'une manière anomale et inexplicable de grandes étendues de roches, sans qu'on puisse apercevoir près d'elle des éruptions ignées.

Cet accident doit dépendre quelquefois du genre de refroidissement des masses, qui ont été plus ou moins chauf-

fées ou en fusion. Ailleurs, il peut avoir aussi été produit en partie par l'introduction de matières étrangères disséminées dans la roche en très petites particules (1).

6° *L'endurcissement des roches stratifiées* par la voie ignée est un phénomène sur lequel l'école huttonienne a fort appuyé, mais qui a trouvé beaucoup d'incrédules, parce que les disciples d'Hutton ont manqué souvent de connaissances minéralogiques, et ont cité ainsi comme exemples de leur proposition des roches endurcies par des infiltrations calcaires ou même des silex cornés (2).

Cet accident est plus facile à reconnaître dans la nature par un certain *facies* de compacité de roches, qu'à décrire minutieusement. Dans certains cas, la pâte compacte des roches a subi une demi-fusion, d'autres fois les débris composant une roche arénacée, semblent avoir été fondus au moins sur leurs bords, et assez souvent des éléments de la roche ignée adjacente se sont introduits dans la masse endurcie. C'est en général un accident de contact ou de fragments empâtés dans une roche ignée; il ne prend de l'étendue que dans les schistes cristallins, où certaines portions ont été endurcies par une longue exposition aux effets de la chaleur et des émanations ignées. Ainsi beaucoup de grès sont devenus des quarzites près des roches trappéennes; des schistes primaires offrent une compacité et un aspect particulier près des sié-

---

(1) Voyez un Mém. de M. Péghoux, sur le contact des laves et des basaltes, et des terrains stratifiés (*Annal. scientif.* d'Auvergne, 1833 à 1834).

(2) Voyez le Mém. du doct. Hutton. (*Trans. of the roy. Soc. Edinb.*, vol. 1, 1788; sa *Theory of the Earth.*, Edinbourg, 1795, 4 vol. in-8°, et *Illustrations of the huttonian Theory*, par Playfair. Edinbourg, 1802, in-8°, ou la Trad. franç., par Basset. Paris, 1815, in-8°.

nites, des porphyres ou des trapps; ce sont des *roches cuites*, en terme vulgaire.

7° Les mêmes agents, et surtout la chaleur, ont produit encore la *désagrégation* ou la transition d'une roche compacte ou cristalline à une masse en quelque sorte arénacée; c'est un accident qui se revoit sous des laves assez modernes, et qu'il faut tâcher de distinguer de la véritable décomposition. Quelquefois les parties composant la roche désagrégée sont colorées par un oxyde de fer ou de manganèse; ou bien si la pâte est feldspathique, elle est devenue stéatiteuse, il y a donc eu séparation et altération des éléments. Ainsi un filon basaltique empâtera des fragments désagrégés et noirâtres de granite (Glen Rosa, Arran) ou de grès, un filon granitoïde dans un granite sera accompagné d'épontes stéatiteuses, etc.

Certains tripolis grossiers ne sont que des roches désagrégées et quelquefois imprégnées de silice ou alunifères; dans ce dernier cas, elles forment le passage aux jaspes à moitié terreux.

8° Au contact des masses plutoniques récentes (Basaltes, etc,) et des couches neptuniennes, ou dans les débris des dernières roches enveloppées par les premières, on observe quelquefois des *parties frittées* ou même *vitreuses*. Ces deux modifications dépendent non-seulement de l'intensité de la chaleur et de sa plus ou moins longue application, mais encore du genre de refroidissement. Ainsi, un filon basaltique traversant un autre basalte ou un phonolite, a quelquefois des salbandes ou épontes demi-vitreuses. Des fragments d'argile enfermés dans un basalte, un phonolite ou une diorite, sont devenus jaspoïdes ou vitreux; des débris de grès secondaires placés de la même manière, sont frittés, etc.

9° Des *boursoufflures* ou des scories résultent aussi çà et là du contact des roches ignées et stratifiées, ou

des fragments empâtés dans un trapp, un basalte, un trachyte, etc., se trouvent dans ce cas; mais c'est un petit accident, comparativement à la plupart des précédents, à l'exception cependant des boursoufflures qu'on remarque sur d'assez grandes étendues dans les schistes anciens altérés et traversés par des filons de *schaalstein*.

10° Au contact des roches plutoniques récentes, et surtout des basaltes, les grès, les marnes et les argiles, sont changés quelquefois en *masses endurcies et divisées en prismes*. Dans ce cas, les feuillets de la roche sont soudés ensemble, il y a eu une demi-fusion et un refroidissement particulier. Les parois des hauts fourneaux présentent à tout instant de pareils accidents, personne n'entretient de doutes sur ce point de géogénie. Cet accident nous est offert par des grès bigarrés, près des basaltes de la Wettéravie, par des schistes primaires impressionnés, près des roches feldspathiques, à Bussang dans les Vosges, par certaines masses du grès de Taviglianaz, en Suisse, etc.

11° *La chaleur plutonique a privé certaines roches d'une partie de leurs éléments*. Ainsi, par exemple, dans le voisinage de trapps ou de porphyres, les roches charbonneuses ont perdu une partie de leur bitume, la houille s'est changée en anthracite ou en coke (*coak*), l'anthracite est devenue de la plombagine (Borrowdale, Cumnock). Quelquefois ce coke (Newcastle), cette anthracite ou ce graphite a pris une structure prismée plus ou moins parfaite (Saltcoats, en Ecosse). Cet accident, dont l'analogue se revoit dans les hauts fourneaux, est un fait géogénique reconnu enfin par tous les géologues.

Dans certains lieux le calcaire compacte, empâté dans des brèches basaltiques, est passé à l'état de chaux vive ou d'un silicate de chaux, de manière qu'il ne fait plus

d'effervescence avec les acides. La silice provient, dans ce cas, de vapeurs aqueuses chaudes, ou bien du sable mêlé mécaniquement au calcaire.

M. Turner a montré que sous une forte pression les vapeurs aqueuses très chaudes sont capables de corroder des roches feldspathiques dans lesquelles il entre des alcalis et de la silice.

Devrait-on faire rentrer aussi dans ce genre d'altération l'origine des teintes blanches de certaines roches, qui se voient dans les Alpes? La formation du pétrole s'y rattacherait-elle du moins quelquefois? Les roches arénacées, charbonneuses, ou à plantes fossiles, auraient-elles pu être modifiées de manière à produire des gneiss graphiteux, ou au moins des roches quarzo-talqueuses à graphite? Le diamant serait-il dû à une pareille opération lente de la chaleur, ou serait-il plutôt le résultat d'une action électro-chimique?

12° *Une chaleur continue sous une certaine pression, et un refroidissement varié, sont capables de modifier très diversement la texture d'une roche*, c'est ce qu'ont prouvé les recherches de Watt et de Hall, aussi bien que celles de MM. Fleuriau de Bellevue et de Drée (1).

MM. Garney et Hausmann ont constaté aussi que le calcaire compacte employé dans le construction inté-

---

(1) Voyez Mém. de James Keir (*Trans. phil. de Londres*, 1776, p. 530), de Sam. More (*dito*, 1782, part. 1re, p. 50), de Watt (*dito*, 1804, part. 2, p. 279), ou *Bibl. brit.*, n. 256), de Hall (*Trans. phil. d'Edinbourg*, vol. 6), d'Artigues (*J. de phys.*, 1804), de M. Fleuriau (*dito* 1805), et M. de Drée (*Mém. de l'Acad. des Sc.*, 1808, et *Annal. du Mus. d'hist. nat.*, vol. 11, p. 405).

rieure des hauts fourneaux de Suède, prenait quelquefois une texture grenue. Or, si une pareille chaleur est accompagnée d'émanations gazeuzes particulières, on peut comprendre la production par la voie ignée de produits très divers. Tous les géologues reconnaissent la vérité de la première proposition, mais un très petit nombre osent en pousser les conséquences aussi loin que moi.

Le premier terme, dans le changement de texture d'une masse, est sa transmutation en une *roche jaspoïde* ou *silicifiée*, souvent imprégnée d'oxyde de fer, de manganèse, ou même de protoxyde de cuivre. Il semblerait que des vapeurs chaudes chargées de silice ont été quelquefois en jeu dans la production des masses jaspoïdes secondaires ou plus anciennes, qui sont en général jaunes, rouges, noirâtres, verdâtres ou violâtres. Ailleurs, le refroidissement particulier des roches en fusion paraît leur avoir donné cet aspect de jaspe. Il est assez singulier que ces roches, au lieu d'être en contact avec des masses ignées, se trouvent aussi à quelque distance d'elles en amas ou bancs réguliers. Or, comme entre ces jaspes et les roches ignées il y a des schistes, en apparence peu ou point altérés, certains géologues en concluent que les roches jaspoïdes, au contact des serpentines de l'époque crétacée, ne sont pas des altérations ignées, et à plus forte raison ils reportent la même incrédulité sur l'origine des roches semblables situées près des trapps du terrain houiller ou carbonifère, ainsi que sur celle de certains schistes siliceux et novaculites.

Mais toutes ces roches jaspoïdes ont exigé l'application de certains agents aussi bien qu'une nature particulière. Qu'est-ce qu'il y a donc d'étonnant que çà et là elles soient séparées des masses ignées par des schistes ou des roches peu favorables à la production du jaspe? Ces der-

nières masses n'ont-elles pas pu être affectées et retourner, par des circonstances particulières, presque à leur état originaire? N'observe-t-on pas généralement beaucoup de caprices dans les effets du contact igné et volcanique?

Il y a des schistes silicifiés par les eaux thermales, il y a des dépôts de roches jaspoïdes formés sous les eaux, au moyen de l'introduction de la silice dans la masse du liquide, mais cela ne contredit pas l'opinion qu'il y a aussi des jaspes d'origine ignée, roches qui étaient originairement surtout des matières argileuses et feldspathiques et quelquefois un peu calcarifères.

Les roches calcaires nous offrent dans leur texture, un second terme de modification ignée, savoir : *des calcaires compactes ou terreux passant à un calcaire compacte coloré, translucide, sublamellaire, puis à un marbre souvent nuagé, enfin à une véritable roche grenue, le marbre statuaire.*

La craie d'Irlande est changée en calcaire translucide et nuagé au contact de filons de basalte ou même seulement à quelque distance d'un pareil accident, tandis qu'ailleurs la craie est devenue un marbre grenu bleuâtre. Des fragments de calcaires secondaires empâtés dans la brèche du porphyre pyroxénique du val de Rif, à Predazzo, sont devenus grenus. Le calcaire compacte intermédiaire de Framont et de Schirmeck est transformé en calcaire sublamellaire et lamellaire à fer oligiste, dans le voisinage de porphyres et de trapps feldspathiques. Le calcaire du lias avec ses gryphées arquées est devenu du calcaire grenu sans fossiles, près de la siénite de l'île de Sky et dans les Pyrénées. Le calcaire jurassique inférieur et le muschelkalk supérieur sont passés à un marbre serpentineux et à un marbre statuaire à côté du porphyre pyroxénique granitoïde de Predazzo. Les calcaires liasiques ou jurassiques du Dauphiné, ont pris une texture gre-

nue près des granites qui les ont soulevés. Le calcaire jurassique inférieur des Grisons est changé en cipolin et en roche talqueuse, ou en cipolin amydalin, et a perdu presque tous ses fossiles, près des granites de l'Albula, roches qui, comme dans le Dauphiné, ont l'air de déborder sur le sol secondaire. Tels sont les termes de la série de ces transmutations, qui ne restent incompréhensibles que pour ceux qui ne les ont pas vu.

Si déjà cet exposé des effets de la voie ignée fait apercevoir que le changement de texture dans les roches est accompagné de la production de nouveaux minéraux accidentels, je n'ai pas encore épuisé la série des modifications. Ce marbre nuagé, imprégné de talc compact, conduit insensiblement à Predazzo au marbre à nids de talc lamelleux, et en même temps apparaissent les idocrases et les pyroxènes gehlénites. A côté de la diorite de Pouzac, près de Bagnères, le calcaire intermédiaire et le schiste sont passés, l'un, au marbre ou à une roche désagrégée, et l'autre à la mâcline ou à une masse argiloïde tout-à-fait singulière. A l'île d'Anglesea, des argiles schisteuses sont devenues jaspoïdes et empâtent des grenats à côtés de roches trappéennes. En France, des agrégats viennent à contenir des minerais à côté du granite et du porphyre. Dans le Bannat, des filons siénitiques ont changé le calcaire ancien en roche grenue à grenats et minerais de cuivre et de fer, etc. A Glentilt, en Écosse, des calcaires sont transformés en roches grenues à grammatite, etc., à côté de la siénite, roche qui, dans une autre localité, imprègne le calcaire même de matières feldspathiques et siliceuses. Dans certains volcans de l'Eifel, comme au Hohenfels, M. Mitscherlich a observé la production ignée du mica dans des schistes argileux modifiés.

Près de filons granitiques, le micaschiste se trouve

pétri de tourmaline, comme, par exemple, à Nantes. Autour d'amas granitiques, les schistes argileux au contact sont devenus maclifères ou amphiboliques, ou bien ils sont isolés du granite par des roches quarzeuses et talqueuses ou chloriteuses. Les grauwackes sont séparées des granites, par une zone plus ou moins complète, et large de quarzite, de roche de schorl ou de *hornfels*. Il y a un passage non interrompu des roches arénacées à pétrifications aux *hornfels*, et ces roches passent de leur côte çà et là aux gneiss.

D'un autre part, il y a dans les Alpes un passage incontestable entre des schistes secondaires à pétrifications et des séries de talcschistes, et de masses talqueuses ou micacées, et quarzeuses ou calcarifères. Des alternats et des passages pareils ne s'observent pas seulement dans des roches secondaires anciennes ou intermédiaires, mais même jusques dans celles qui sont de l'âge crétacée, et çà et là des fossiles échappés à la destruction, attestent irrévocablement la nature originaire de ces masses. M. Studer a découvert des micaschistes grenatifères à bélemnites au mont Luckmanier, il y a des talcschistes bélemnitifères à Nuffenen; des calcaires à nautiles alternent avec des roches talqueuses de la Tarentaise, etc.

Les schistes cristallins (gneiss, micaschistes, talcschistes, etc.), ne seraient donc, d'après ces données, que des dépôts neptuniens, modifiés diversement par un travail igné lent, qui aurait contribué plus ou moins à changer leur texture en même temps qu'il y produisait de nouveaux composés. La chaleur diminuant la force de cohésion, et l'introduction de nouveaux éléments, auraient favorisé le jeu de nouvelles affinités chimiques, sous la forme de sublimations ou de gaz. Ce seraient autant à ces dernières substances introduites, qu'à la différence des éléments des roches sédimentaires, que se-

rait due la production des alternats de schistes cristallins divers.

La formation des schistes cristallins aurait eu lieu à tous les âges géologiques, et serait intermédiaire entre les véritables dépôts neptuniens et les dépôts ignés; leur structure, plus ou moins feuilletée, serait encore un reste de leur forme originaire, et le dernier terme de modification serait la production de roches ayant perdu tout-à-fait ou presque totalement leur structure schisteuse, pour devenir granitoïde ou semi-granitique. Ainsi s'expliqueraient beaucoup d'alternatives de schistes cristallins avec des roches amphiboliques, feldspathiques et talqueuses, auxquelles les premiers passent d'une telle manière, qu'il est impossible d'y voir des roches traversées par des éruptions ignées : on est obligé de reconnaître que ce sont des produits d'altérations locales (1).

Voilà le point de vue nouveau sous lequel je crois, à présent comme en 1823, qu'il faut envisager la science, tout en sachant bien que ceux qui pensent comme moi n'ont et n'auront de long-temps l'assentiment général des géologues et des chimistes. Néanmoins il est satisfaisant de voir que plusieurs de ces derniers savants sont entrés dans cette voie de raisonnement et ont essayé de reproduire artificiellement les circonstances qui ont donné lieu à la formation de tant de combinaisons minéralogiques. Tous les jours, on voit s'augmenter le nombre des minéraux reconstitués par la synthèse ignée, aqueuse ou électro-chimique, et il n'est guère douteux

---

(1) Voyez, pour plus de détails, le *Journal philosphique d'Edimbourg*, juillet, 1823, et *Annal. d. Sc. nat.*, vol. 2, p. 418 et suiv.

qu'à force de patience et de tâtonnements, l'homme ne parvienne à reproduire tous les minéraux connus.

On peut consulter à cet égard les mémoires suivants : *Specimen crystallographiæ metallurgicæ*, par M. Haussmann, Gottingue, 1819, in-4° ; *Beitrage zur Kenntniss d. krystallinischen Huttenproducte*, par M. F. Koch, Goettingue, 1823, in-8°, et un mém. dans *Stud. d. Gotting. Vereins bergm. Freunde*, vol. 1, p. 369 ; *Chemische Untersuchungen d. Mineralien u. Huttenproducte d. Bleiberges in Rheinpreussen*, par C. Bergemann, Bonn., 1830, in-12; sur la plombagine artificielle, par M. Conybeare (*Annals of phil.*, vol. 50, et *Ann. de chim.*, vol. 22, p. 218) et Herapath (*Phil. mag.*, vol. 91, p. 423) : sur les cristaux des scories, par Miller (*Trans. of the phil. Soc. of Cambridge*, vol. 3, part. 3, p. 417) ; sur la formation d'une substance ressemblant au gneiss, par M. J. Paris (*Trans. of the roy. geol. Soc. of Cornwall*, vol. 1, p. 227 ; sur la conversion par la chaleur d'un schiste en micaschiste, par Brocchi (*Giorn. dell. incorragiament. di Milano*, vol. 18) ; sur l'oxyde de fer et de zinc, par M. Haldat (*Lond. phil. Trans. et J. of the roy. Instit.*, vol. 2, n° 4, p. 188); divers mémoires de MM. Colin et Taillefert (*Ann. de chim.*, vol. 12, p. 62) ; Berthier (*dito*, vol. 33, p. 214, vol, 43, p. 285) et ses *Essais par la voie sèche*, 1834) ; Gaudin (*N. Bull. d. Scien. de la Soc. phil.*, 1833, p. 62) ; sur la cristallisation du fer (*Ann. de ch.*, vol. 51, p. 206); du chrome oxydé (*Ann. de Poggendorf*, 2e sér., vol 33., p. 341) ; sur le titane métallique artificiel, par M. Walchner (*Phil. mag.*, vol. Lxvi, p. 124) ; sur la production artificielle de différents minéraux, par M. Mitscherlich (*Ann. f. Phys.*, 1826, p. 630; *Ann. d. Min.*, 3e sér., vol. 1, p. 116 et vol. 9, p. 176 ; *Ann. de chim.*, vol. 24, p. 355, et son *Traité de Chimie*); sur le pyroxène et l'amphibole, par M. Gustave Rose (*Ann. of. Phys.*, vol. 31); sur la formation artificielle du feldspath, etc., par M. Kersten (*Ann. de Chim.*, vol. 41, p. 426, et vol. 57, p. 219; *Annal. de Poggendorf*, N. S., vol. 33, p. 336), par M. Heine, (*dito* vol, 34, cah. 3, p. 531) ; sur des scories ferrifères, par M. Johnston (*Edinb. n. phil. j.*, vol. 16, n. 31, p. 190).

Il me reste encore à parler de quatre modes particuliers de modifications produites dans les roches stratifiées par la chaleur et l'introduction de diverses matières. La première est la *conversion du calcaire en gypse au moyen de dégagements plutoniques d'acide sulfureux*. Cet accident est mis en évidence d'abord par le gisement bizarre des amas et des filons gypseux qui sont ou à côté de masses ignées (comme des diorites aux Pyrénées), ou au milieu d'elles (comme dans le porphyre près de Recoaro), ou bien ils semblent liés à de grands accidents de dislocations, comme dans les Alpes. Ensuite ces gypses présentent un mélange tout-à-fait hétérogène de carbonate et de sulfate de chaux, et on peut suivre la transmutation de l'une de ces substances dans l'autre. Le premier terme consiste en de petites fentes tapissées de gypse, puis elles augmentent, leurs parois deviennent gypseuses, et enfin presque tout ce qui était calcaire est changé en gypse, et il ne reste intact que les parties argileuses.

De plus ces gypses renferment souvent du quarz hyalin cristallisé, qui atteste la présence de vapeurs chaudes siliceuses; de plus il y a du fer oligiste, d'autres substances métalliques, çà et là de l'anhydrite et des fragments de roches soulevées.

Enfin ces gypses sont accompagnés de la production de singulières roches calcaires ou dolomitiques cellulaires, tantôt à cavités très angulaires et en partie remplies d'argile marneuse, tantôt à druses tapissées de carbonate de chaux et de magnésie ou bien silicifiées; ces roches ont reçu le nom de *cargnieules*.

Le gypse calcarifère ou la sélénite déposée en couches ou amas par des eaux chargées de ses sels ne présente point toutes ces circonstances accessoires, et il en est de même des petites masses de gypse, qui proviennent de la

décomposition du carbonate de chaux par l'acide sulfureux dérivé de la décomposition de pyrites, comme à Ells, en Moravie.

Lorsque l'acide sulfureux a agi sur des roches alumineuses, des feldspaths ou des schistes argileux, outre des décolorations, il y a eu alors formation de divers sels alumineux, et si le fer était présent, il est aussi entré comme base dans des produits semblables. Certaines îles de l'Archipel grec nous offrent de beaux exemples de ce travail incessant des gaz acides.

La *formation de dépôts de sel gemme* est un autre accident igné, qui ne me paraît pas avoir été bien compris jusqu'ici. D'autres roches muriatifères ne semblent que les résultats d'immenses éruptions boueuses ou salines, qui auraient eu lieu sous les eaux de la mer et dont les éléments auraient été repris et déposés régulièrement par le liquide marin. Au contraire, le sel gemme igné accompagne souvent le gypse dans les terrains calcaires disloqués ou tourmentés, et il se trouve communément au milieu de substances argileuses, dont probablement une grande partie est sortie de la terre en même temps que ces émanations salines. De plus il renferme quelquefois plus ou moins d'hydrogène carboné.

Si on s'imagine une immense dislocation du sol ayant lieu sous la mer, les redressements et les écartements des masses qui en résulteront, devront produire des vides dans l'écorce du globe et peut-être des enfoncements séparés de l'Océan. Or supposant que l'eau de la mer aie trouvé accès dans quelques-unes de ces cavités au moyen du fendillement du sol, la chaleur ignée aura dû tendre à faire évaporer le liquide, tandis que celui-ci, ainsi que les vapeurs aqueuses, auront dû délayer les parties peu dures des roches voisines. Alors il a pu arriver que cette pâte saline soit restée en place et se soit durcie, ou bien

elle a pu être poussée vers la surface par suite d'autres phénomènes de dislocation ou de contraction. Voilà du moins une manière théorique d'envisager le phénomène, si toutefois la composition différente de l'eau de mer actuelle avec celle des argiles muriatifères ne force pas d'attribuer à tous ou à certains sels gemmes une origine ignée plus immédiate.

Dolomisation. Les sectateurs d'Hutton nous avaient bien parlé de calcaires compactes devenus grenus et mélangés de talc ou de serpentine ; mais aucun d'eux n'avait prétendu que le carbonate de chaux fut devenu un carbonate de chaux et de magnésie au moyen de vapeurs surchargées de cette dernière terre. C'est à Arduino et surtout à M. de Buch qu'on doit la théorie de la *dolomisation* (1) qui a excité tant de rumeur parmi les chimistes. Il n'en reste pas moins vrai qu'au contact de certaines roches ignées les calcaires contiennent quelquefois du carbonate de magnésie, tantôt sous la forme de mélange, tantôt combiné avec le carbonate de chaux. D'une autre part, la série des terrains présente presque à toutes les époques des couches bien stratifiées, soit calcaires, soit arénacées, qui sont composées en tout ou en partie de carbonate de chaux mélangé de carbonate de magnésie ou d'une combinaison de ces deux sels. D'après les connaissances chimiques actuelles, il est assez difficile d'expliquer la formation neptunienne de ces derniers mélanges et de ces combinaisons des deux carbonates, mais il l'est encore plus d'admettre leur origine ignée dans le premier cas. C'est pour le moment une hérésie en chimie d'énoncer que la magnésie vaporisée entre en combinaison avec l'acide carbonique et puis avec le carbonate de chaux, ou

(1) Voyez *Mineralog. Taschenb.*, 1824, p. 272, et sa lettre sur la Dolomie.

plutôt que l'acide carbonique forme ainsi un sel par une combinaison double. D'autre part, on sait qu'un excès d'acide rend les carbonates de chaux et de magnésie solubles dans l'eau: Or dans les époques géologiques assez reculées, aucun acide ne paraît avoir été plus abondant que l'acide carbonique; donc il y a pu se former des calcaires magnésiens et des dolomies par la voie aqueuse (1). Il ne resterait plus qu'à découvrir la source d'une si grande quantité de magnésie; or je crois que son origine ignée est étayée par la masse de roches talqueuses et magnésiennes vomies du sein de la terre, de manière qu'en reconnaissant des dépôts magnésiens neptuniens, on est ramené involontairement à l'idée de la possibilité de la formation immédiate d'autres roches magnésiennes au moyen de la voie ignée.

Confondre les deux classes de produits semblables, prétendre que les calcaires magnésiens ou dolomitiques ne se trouvent toujours que près de grands dépôts ignés ou sur les côtes de grandes failles ou de dislocations; avancer que ces roches n'existent qu'au fond des vallées; qu'elles ne sont jamais stratifiées et toujours sans pétrifications, et que les vacuoles, les cavernes et certaines formes bizarres sont leurs caractères essentiels; c'est se laisser séduire et aveugler par une théorie peut-être spécieuse pour certains cas. En effet, les exceptions à ces règles sont aussi nombreuses que les exemples en leur faveur.

La nature emploie dans ses laboratoires l'eau, le feu et l'électricité, et elle sait souvent créer les mêmes produits par deux ou même trois voies différentes; ainsi puisque la chimie ne peut pas encore expliquer conve-

---

(1) Voyez un Mém. de M. Fyfe (*Edinb., phil. j.*, vol. 6).

nablement l'origine ignée des calcaires magnésiens et des dolomies, ne tranchons pas la question, et contentons-nous d'avouer qu'un bon nombre de roches de ce genre paraissent vraiment devoir leur composition particulière à des effets immédiats ou subséquents de l'action ignée.

Ainsi dans les Alpes ou les pays à couches redressées et disloquées, certaines couches secondaires, quelquefois un peu modifiées et rapprochées du lias par quelques auteurs, présentent des impressions de plantes changées en talc. De plus la distribution du carbonate de magnésie est souvent concomitante des fendillements, or ce dernier accident, a l'air de lier çà et là aux dolomies la scaglia aussi bien que le calcaire compacte.

Ce fait une fois reconnu, continuons nos observations; ayons la théorie en tête pour l'employer quand les données semblent la provoquer, mais n'allons pas mettre notre corps et notre esprit à la torture pour trouver des apparences favorables à ce système, car les enthousiastes sont toujours sûrs de se fourvoyer.

De grandes séries de couches stratifiées parfaitement horizontales ou très peu inclinées sur des étendues considérables et placées sur d'autres masses nullement dérangées ou modifiées, seront toujours pour moi des dépôts formés sous les eaux, et si par hasard ce sont des calcaires magnésiens ou des dolomies, je n'irai jamais supposer une dolomisation ayant eu lieu latéralement ou de bas en haut. Du moins je ne vois pas encore de faits qui vienne étayer l'idée d'une action si bizarre; on comprendrait encore mieux par ce qui arrive dans les sublimations qu'une montagne calcaire fût changée en dolomie par des imprégnations magnésiennes gazeuses, sans que sa base fut altérée visiblement partout; mais il me paraît impossible de supposer une pareille action

s'exerçant latéralement sur une étendue de plusieurs lieux, et préférablement sur telle couche que sur telle autre.

Récemment les partisans outrés de la dolomisation ignée ont voulu étayer leur opinion de la silice pulvérulente qui remplit des cellulosités dans certaines dolomies (1), mais celle des quarz nectiques de Saint-Ouen montre que la voie aqueuse est tout aussi capable de produire ce dépôt que la voie ignée.

Je n'ai plus qu'à parler des *imprégnations métallifères* qu'on observe au contact des roches stratifiées et massives. C'est encore un de ces points théoriques de controverse entre les géologues, parce qu'on veut toujours être trop exclusif dans ses idées ou qu'on est encore entiché de la théorique anti-chimique de Werner.

Une partie de ces nids et de ces petits filons de minerais ne sont que des accidents d'infiltrations aqueuses : cela paraît positif, mais il y en a d'autres qui ne sont que des effets de sublimation ignée ou bien des produits d'affinités électro-chimiques mises en jeu par la chaleur et la présence de certains éléments. Comme nous avons vu divers minéraux relégués dans les roches modifiées aux points de leur contact avec les masses ignées, de même il est incontestable que des nids et des petits filons de minerais se trouvent dans une position semblable.

Si l'ancienne activité volcanique est attestée par les eaux thermales et certaines eaux minérales placées sur des contacts semblables, les dépôts de minerais nous indiquent l'effet d'une chaleur et d'un travail prolongé;

---

(1) Voyez un Mém. de MM. Kersten (*Archiv. d. Mineral*, etc., vol. 3, cah. 2, p. 37, et Strombeck, (*Jahrbuch f. Mineral*, 1834, p. 316).

mais nous touchons déjà ici à l'origine des filons métallifères et à leur liaison si immédiate avec les accidents ignés : j'y reviendrai plus tard.

§ VIII. Décomposition des masses minérales.

La décomposition des masses minérales a lieu au moyen de l'air, des gaz, de l'eau et des affinités électro-chimiques de leur différents éléments. Suivant M. Becquerel, ses effets peuvent être le résultat de deux modes particuliers d'action, l'un électro-chimique, et l'autre chimique pur. Lorsqu'un corps réagit sur un autre, celui qui joue le rôle d'acide, prend l'électricité positive, et celui qui se comporte comme alcali l'électricité négative, il y a simple rétablissement d'équilibre sans production de courant ; mais quand ces deux corps communiquent avec un troisième corps suffisamment bon conducteur, il en résulte un courant et des effets électro-chimiques. Pour la production d'actions lentes semblables, il faut qu'au moins un des trois corps soit liquide, et si l'un est mauvais conducteur, l'action capillaire vient suppléer au défaut de conductibilité.

Les produits de la décomposition sont très variés ; je crois utile d'en rappeler ici les principaux, d'abord pour les *minéraux*, puis pour les *roches composées*.

Les nitrates de potasse (1), de chaux et de magnésie, les sulfates de chaux, de magnésie, d'ammoniaque et de

---

(1) Voyez, sur la formation du nitre, les Mém. de MM. Kidd, (*Lond., phil. Trans.* 1814, part. 2, p. 508), John Davy, Longchamp, Gay-Lussac, Liébig, Braconnot, Gaultier de Claubry et Fournet (*Ann. de Chim.*. vol. 25, p. 209, vol. 33. p. 5, vol. 34, p 86 et 215, vol. 35, p. 219 et 260, vol. 52, p. 24, et l'Institut, 1833).

soude, le carbonate de soude, le chlorure de sodium, l'alun, le soufre, etc., sont les substances qui se forment à la surface du sol ou sur les rochers, aux dépends des matières qu'elles recouvrent et de l'air ou de l'humidité qui vient en contact avec elles.

Dans les mines et les filons métallifères on rencontre les produits secondaires suivants :

L'allophane; — le soufre sous la forme de cuivre pyriteux ou pulvérulent, provenant de la décomposition du cuivre, du fer ou du plomb sulfuré; — la sélénite; — le sulfate de soude et de magnésie; — le sulfate double de fer et d'alumine sur les roches pyriteuses et alumineuses; — le sulfate de fer neutre ou terreux provenant des pyrites jaunes ou blanches; — le sous-sulfate, le sulfate et le double sulfate de cuivre dérivant des pyrites cuivreuses; — le sulfate et oxysulfure de zinc provenant de la blende; — l'hydrate de peroxyde de fer dérivant des pyrites magnétiques, surtout de celles qui sont aurifères; — le fer hydraté compacte et terreux, provenant du fer sulfuré et conservant sa forme; — certaines hématites fibreuses ou esquilleuses, ainsi que le fer hydraté pulvérulent provenant du carbonate de fer; — le fer oxydé résinoïde provenant du fer arsénical; — le fer phosphaté cristallisé et terreux provenant du fer hydraté; — le fer arséniaté vert-pâle provenant des pyrites arsénicales; — le plomb carbonaté noir ou blanc, oxydé gris et sulfaté, provenant de la galène; — le plomb oxydé rouge provenant du plomb carbonaté ou sulfuré; — le cuivre oxydé noir ou protoxyde; — le cuivre carbonaté vert ou malachite, provenant du cuivre sulfuré; — la chaux arséniatée; — le cobalt arséniaté pulvérulent; — le cobalt sulfaté provenant du cobalt sulfuré; — l'antimoine oxydé provenant de l'antimoine sulfuré; — le peroxyde de manganèse; — le nickel oxydé et l'arse-

nic oxydé provenant du nickel arsénical ; — le bismuth oxydé provenant du bismuth natif ; — l'urane oxydulé sulfaté ; — l'urane oxydé carbonaté provenant de l'urane oxydulé ; — enfin les minerais stalactitiformes de fer et de cuivre sulfuré, de calamine et de manganèse oxydé brun et rouge.

Les décompositions subies par les *roches* ne sont pas si aisément indiquées que celles des minéraux. L'anhydrite devient gypse en se combinant avec l'eau. Des roches alumineuses se changent petit à petit en alun. Les roches cristallines ou agrégées, dans lesquelles il y a beaucoup de feldspath, sont plus aptes à se décomposer que d'autres ; ainsi on voit des pegmatites, des granites, des gneiss, des porphyres, passer à un état plus ou moins parfait de caolin ou de désagrégation, des roches doléritiques ou basaltiques passer à la wacke, des diorites devenir stéatiteuses, des phonolithes perdre leur dureté et leur éclat. Toutes les roches devenues argiloïdes, émettent, par la friction et le souffle, une odeur particulière.

M. Fournet explique la formation du caolin par l'action de l'eau contenant de l'acide carbonique, qui réagit sur les silicates en changeant l'élément électro-négatif et s'emparant des bases les plus solubles (1). De son côté, M. Forchhammer croit voir dans le caolin l'action de vapeurs aqueuses chaudes sur des roches granitoïdes. Il prétend que les argiles bleues du Danemarck proviennent de la destruction des roches semblables existant en Scandinavie ; il a retrouvé même du cérium dans ces argiles où le mica n'est plus indiqué que par des particules brillantes (2).

(1) Voyez *Annal. de Chim.*, 1834, mars, p. 235.
(2) Voyez *Ann. de Phys.* de Poggendorf, vol. 35, cah. 2, p. 331.

Si le quarz ne subit qu'une désagrégation, le mica, l'amphibole, le pyroxène sont aptes à se décomposer et produisent ainsi des taches ou donnent un aspect particulier aux roches où ces minéraux abondent. Un bon exemple de ce genre nous est offert par ces pyroxènes verts de certaines dolérites feldspathiques d'Edimbourg ou du palatinat du Rhin, dont la couleur passe, à l'air, au brunâtre.

Certaines zéolites ne sont probablement que des produits de la décomposition des roches qui les contiennent ou qui sont près de ces dépôts. La terre verte des roches trappéennes dérive, en grande partie, du pyroxène décomposé et transporté par les filtrations aqueuses, aussi faut-il bien la distinguer des chlorites dites terreuses, qui tapissent des druses et qui semblent être de véritables produits de sublimation.

Des schistes argileux, comme divers porphyres, se décomposent en argiles, des calcaires foncés deviennent blanchâtres, et çà et là ils se réduisent même extérieurement en une pâte terreuse ou en une craie blanche. Ailleurs, sur le rivage des mers, les calcaires sont corrodés par l'action du chlorure de sodium contenu dans les vapeurs s'élevant de la mer. Il y a formation de chloroxicarbonate de chaux et de soude, sel qui ensuite est dissout et entraîné par les eaux pluviales (1).

Sur les plateaux ou les sommités calcaires, on observe souvent des érosions très singulières. En partie elles ont les formes déchiquetées de celles que je viens de signaler sur le bord de la mer; mais plus souvent ce sont des cannelures plus ou moins profondes, avec de nombreuses

---

(1) Voyez un Mém. de M. Boblaye (*J. de Géolog.*, vol. 3, p. 144 et *Expédition de Morée*).

perforations sous la forme de petits puits à contours arrondis. A l'ordinaire, de nombreux fendillements et même des fentes réelles accompagnent ce genre particulier de décomposition, qu'on ne peut mieux comparer qu'à une surface calcaire sur laquelle aurait coulé un acide. Il paraîtrait qu'on doit rechercher l'origine de ces érosions quelquefois dans la sortie de terre de grandes masses d'eaux acidules ; dans ce cas, il y a des fentes, et les cannelures partent de ces dernières. Plus souvent c'est une érosion produite lentement par l'acide carbonique des eaux pluviales ou de celles provenant de la fonte des neiges.

La décomposition est souvent difficile à distinguer d'avec l'altération ignée, l'une et l'autre produisent des décolorations, des changements dans la texture des roches et même des désagrégations. Ainsi les murs des filons métallifères offrent des décolorations et des modifications de texture qui, quelquefois, ne sont que l'effet d'infiltration d'eaux chargées de particules de fer ou d'eaux vitrioliques. La forme stéatiteuse ou de caolin que prennent certaines roches, peuvent aussi bien provenir d'altérations ignées que de décompositions qui continuent encore aujourd'hui. Il est donc nécessaire de bien examiner toutes les circonstances accessoires, et de s'assurer de l'étendue ainsi que de la position des parties décomposées, avant de se prononcer sur leur origine.

La *désagrégation* est loin d'être toujours un effet chimique, au contraire ce n'est souvent qu'une suite de l'introduction de l'eau dans les interstices de la roche et de l'expansion produite par sa congélation subite ; or, cet accident est confondu généralement, à tort, avec les décompositions véritables.

La décomposition procède plus ou moins rapidement

suivant que le pays est humide ou sec. Ainsi, si les marbres anciens de la Grèce ne sont encore que jaunes, sous le ciel de l'Inde, l'humidité ne permet pas une conservation si longue.

Lorsqu'une roche est composée, un seul de ses éléments se décomposant, toute la masse peut être apte à se désagréger, comme cela arrive dans certains grès et granites.

Des dégagements d'acide carbonique jouent peut-être un rôle dans la décomposition des sommités de certaines montagnes schisteuses et granitiques.

Un aggloméral à ciment calcaire se trouvant dans le voisinage de matières organiques en état de putréfaction, l'acide carbonique de la chaux carbonatée est remplacée petit à petit par l'acide nitrique, et le passage du calcaire au salpêtre occasione la désagrégation de la roche.

La décomposition et la désagrégation ont-elles lieu plus activement dans les grandes hauteurs et dans les gorges profondes où la température change souvent et très rapidement? La désagrégation est-elle favorisée par une structure fendillée? La décomposition est-elle précédée d'une espèce de désagrégation, ou est-elle purement une action chimique? Jusqu'à quelle profondeur s'étendent ces modifications? Toute la masse de la roche en est-elle atteinte, ou bien est-elle restreinte à quelques-uns de ses éléments ou de ses minéraux accidentels? Y a-t-il destruction complète de ces derniers, et production de vides, ou bien n'est-ce qu'un changement dans leur nature chimique?

Les morceaux angulaires dans lesquels la roche a été divisée par la désagrégation mécanique, ont-ils une tendance à prendre des formes globulaires et à se déliter en croûtes concentriques? La roche perd-elle petit à petit

certains élémens, et s'y opère-t-il de nouvelles combinaisons?

Observe-t-on des indications de décoloration par les acides? Quels sont leurs effets? N'ont-elles produit que des teintes rubanées, où les roches sont-elles devenues plus légères et poreuses?

La même roche présente-t-elle beaucoup de variétés dans sa décomposition? Quant aux roches dissemblables, quelles différences produit sur la décomposition la diversité d'agrégation, de composition mécanique et chimique? Quelles parties d'une roche mélangée sont les plus aptes à se décomposer? Les unes restent-elles intactes, tandis que d'autres changent plus ou moins d'aspect et de nature? Une roche fragmentaire est-elle d'autant plus sujette à se décomposer, que son ciment est plus abondant?

Quelles sont les décompositions d'une roche dans le voisinage d'amas ou de filons métallifères? Quels sont les derniers produits de la décomposition de différentes roches? Jusqu'à quel point la terre végétale peut-elle être dite résulter d'une pareille transmutation? Les diverses espèces de roches comme celles en apparence identiques, ne présentent-elles pas à cet égard des particularités singulières?

§ IX. Niveau occupé par les roches.

Dans les descriptions géologiques, et surtout dans celles un peu anciennes, on a négligé trop souvent d'indiquer les limites d'élévation qu'atteignent les roches. Cette donnée rend non-seulement les coupes plus instructives et plus vraies, mais elle fournit encore des notions précieuses sur la profondeur des mers qui n'existent plus, sur leurs abaissements et sur les soulèvements, ainsi que sur les dislocations des masses minérales et des continents.

Le niveau de la même roche varie fréquemment d'un pays à un autre, parce qu'il dépend de plusieurs circonstances. Comme les masses minérales viennent à occuper çà et là une grande hauteur par suite de soulèvements locaux, ce n'est pas ces points qui peuvent servir à donner leur véritable niveau. En général, ces déterminations sont difficiles, faute de données suffisantes ou sûres.

Il faut choisir les affleurements distincts des couches, leur mur, plutôt que leur toit, mais malheureusement la décomposition, les alluvions ou la terre végétale empêchent d'apercevoir exactement ces limites. Le plus souvent on est obligé d'avoir recours aux points les plus élevés, où se montre une roche, ce qui peut donner lieu à bien des erreurs. L'observation des parties supérieures des têtes des couches amène à des résultats très-différents, suivant qu'on observe la même roche en couches horizontales ou en masses redressées. Dans la détermination des hauteurs respectives des dépôts, il faut toujours distinguer ces deux cas.

De plus, les dépôts locaux, tels que ceux d'eau douce, les masses amoncelées par des éboulements ou des écroulements, etc., n'ont pas de niveau constant, puisque leur hauteur ne dépend que de celle de la surface qu'elles recouvrent.

§ X. Détermination des limites d'une roche.

Il est plus rare de trouver les limites de deux roches bien tranchées que de les voir se fondre ensemble, soit par passage, soit par alternance.

Dans les roches schisteuses occupant un assez grand espace, et dans les couches alternant ensemble, la stratification donne un moyen de délimitation; en conséquence, on étudie la direction et l'inclinaison des roches

pour apprendre à connaître leur étendue en longueur et en largeur, et on fait attention à toutes les modifications résultant à cet égard des accidents de stratification.

Lorsqu'il ne se présente pas de circonstances favorables à ces déterminations, c'est-à-dire lorsqu'il y a des recouvrements de couches alluviales ou une forte végétation, lorsqu'il n'y a pas de vallées escarpées ou dénudées, et que les rapports des couches ne sont pas des points de repaire, il faut se guider d'après les affleuremens locaux, les débris épars à la surface, et la nature de la terre végétale. Ensuite il s'agit de combiner ces indications avec des idées plus ou moins probables sur la présence ancienne des roches dans telle ou telle localité, et sur le lieu de leur origine. En portant successivement sur une carte les limites exactement obtenues, on trouve le plus souvent après ce travail de détails, à combler les lacunes avec une précision assez suffisante, si du moins la contrée examinée n'est pas trop vaste pour avoir pu être étudiée convenablement.

CHAPITRE III.

Stratification.

§ I. Généralités.

L'étude de la stratification des roches est un des points fondamentaux de la géologie; cette science n'a avancée véritablement que lorsqu'on a bien compris la différence entre les roches stratifiées et celles qui ne l'étaient pas.

Une *roche stratifiée est celle qui est divisée en couches parallèles, ou bien c'est une couche ou un amas partagé en strates ou en lits parallèles.* Cette division a lieu d'une manière plus ou moins distincte; ainsi, si les

joints de stratification existent toujours dans une roche stratifiée en couches, ils manquent souvent dans les couches individuelles des roches stratifiées, et y sont remplacés par des structures rubanées, par des alternatives différentes en couleur, en texture et en composition, et par la position parallèle de certains accidents.

Une *roche non stratifiée ou massive est toujours en grands amas, en culots, en filons, en filons-couches ou en coulées. Elle n'est jamais partagée en couches ou lits parallèles*, quoiqu'elle puisse présenter une division en feuillets épais, séparés par de véritables plans de séparation, ou se déliter en plaquettes parallèles, mais en poursuivant ces prétendues couches et ces feuillets, on les voit cesser d'être parallèles, et même s'entrecroiser ou disparaître tout-à-fait pour être remplacés par d'autres. D'une autre part, certains éléments des roches massives ont pris souvent des positions parallèles, assez marquées et assez constantes, par suite d'un mode particulier de formation ou de cristallisation, et du mouvement dont les masses ont joui. Il en résulte que cette structure contribue à leur séparation en plaquettes, en même temps qu'elle fournit de précieuses indications pour déterminer leur origine et leur point de départ.

Dès les premiers instants qu'on s'est occupé de géognosie, on s'est trouvé en désaccord sur la distinction à faire entre la stratification véritable des roches sédimentaires, et la division en feuillets irréguliers des roches purement de cristallisation. A présent tout le monde reconnaît dans le premier accident l'indication d'un dépôt successif par la voie aqueuse, tandis que le second n'est qu'un effet de la division postérieure, ou du fendillement des masses formées par la voie ignée au milieu des roches neptuniennes, par injection, éjection ou transmutation complète de ces dernières.

Une grande divergence d'opinion règne encore quant aux divisions des masses ignées en plaquettes ou en feuillets leur donnant plus ou moins parfaitement les caractères des roches stratifiées; ainsi on applique encore l'épithète de schisteux à des siénites, des grunsteins, des serpentines, etc., comme si c'étaient des roches comparables à des ardoises. Cela provient surtout de ce qu'on ne comprend pas encore généralement ni l'origine ignée de quelques dépôts, ni les modifications que l'action plutonique a fait éprouver de diverses manières à certaines parties des masses stratifiées. Il faut pousser aussi loin que moi le domaine igné et embrasser mes idées théoriques sur la formation des schistes cristallins par plusieurs voies et à diverses époques, pour pouvoir établir une limite tranchée entre les roches stratifiées et massives. Les termes intermédiaires sur lesquels on diffère d'opinion, viennent alors rentrer naturellement dans l'une ou l'autre classe de roches, et on ne court plus risque de confondre la structure de masses ignées à fausses indications de stratification avec celle des roches neptuniennes mal stratifiées ou modifiées par la voie plutonique.

L'étude de la stratification dans les roches sédimentaires est rendue difficile, parce qu'elles sont souvent traversées de *fentes*, affectant des allures parallèles. En général, il faut se défier des joints de séparation verticaux ou très peu inclinés, lorsque les couches voisines ont une autre allure. S'il arrive quelquefois qu'une masse ou un amas a été déposé d'une manière particulière au milieu de couches autrement arrangées, il est encore plus fréquent que des joints de séparation accidentels donnent aux amas ou bancs subordonnés cette dissemblance dans la stratification.

Pour toutes les roches, les observations de stratifica-

tion se réduisent à remarquer dans plusieurs lieux la direction et l'inclinaison de toute leur masse, de leurs lits ou de leurs feuillets plus ou moins parfaits. Dans les roches massives, les fendillements accidentels de retrait, etc., dominant surtout, de pareilles déterminations sont bien aisément entachées d'erreurs.

Si les lits ou les couches sont ondulés, on choisit une ligne moyenne pour la direction et l'inclinaison.

Peut-on reconnaître dans les roches une véritable stratification? Y a-t-il une division en couches ou en strates? S'il n'y a pas de plans de séparation de couches, observe-t-on, comme par exemple dans certains agglomérats, une espèce de parallélisme dans la distribution et la position des plus gros fragments? Des lamelles de mica ou d'autres substances accidentelles sont-elles placées dans une direction constante de manière à simuler des feuillets superposés? Lorsqu'il n'y a pas de stratification distincte, une structure rubanée ou des différences dans la couleur, la compacité, la grosseur du grain, la nature des fossiles, etc., viennent-elles établir une espèce de division en strates? Remarque-t-on des zones ondulées provenant du mouvement des eaux sous lesquelles la roche a été déposée? Ces ondulations changent-elles de direction sur de petits espaces? Décrivent-elles des courbes et des zigzags?

En grand, l'étude de la stratification des dépôts par rapport aux directions des chaînes, est un point de la science, qui donne le plus de notions sur la manière dont les terrains ont été formés et modifiés postérieurement. La stratification n'est point un accident local ou accidentel, mais elle dépend de phénomènes naturels qui embrassent des étendues considérables.

La stratification en grand a eu évidemment pour origine des dépôts successifs formés sous des eaux tran-

quilles ou en mouvements; entre la formation de deux couches adjacentes, il a dû s'écouler un certain laps de temps, qui a donné lieu au joint de séparation. Mais lorsqu'on vient à poursuivre cette stratification dans les couches, les strates, les lits et les feuillets, on hésite à attribuer cette subdivision à une cause semblable, ou on voudrait quelquefois y supposer un résultat postérieur de desséchement et de retrait.

Les limites d'une couche semblent indiquer le temps qu'un liquide a employé pour déposer les matières qu'il tenait en suspension, et le joint de séparation de deux couches a été produit par la cessation du dépôt pendant le temps nécessaire pour disposer le liquide à de nouveaux dépôts.

Si la couche est divisée en lits ou feuillets, ne pourrait-on pas regarder chacun de ces derniers comme le produit d'une marée ou d'un mouvement des eaux, et l'épaisseur de quelques-uns proviendrait-elle de ce qu'ils sont les dépôts des plus grandes marées, c'est-à-dire de celles des équinoxes? Cette hypothèse serait appuyée par la ressemblance des ondulations de la surface des couches avec celles produites par les vagues sur les vases et les sables des rivages. De plus, on y a aussi reconnu, comme sur ces derniers, les traces de pas d'animaux aquatiques et terrestres (1).

---

(1) Voyez les Mém. de MM. Duncan (*Trans. de la Soc. roy. d'Edimb.*, vol. 11, part. 1, p. 194, avec pl.); Buckland (*Ann. d. Sc. nat.*, vol. 13, p. 85); Poulett-Scrope (*J. of. roy. Instit. of great Britain*, vol. 1, n. 3, 1831, p. 518, avec pl.), et *Sendschreiben an Blumenbach uber die hoch, nerkwurdigen entdeckten Relief der Fahrten urweltlicher grosser unbekannter Thiere in den Sandsteinbruchen bei Hildburghausen*, par M. F. L. Si-

Mais dans le cas des alternatives de roches différentes, peut-on les séparer en groupes composés de deux ou trois espèces de dépôts, et regarder, avec MM. Jobert et Saigey (1), chacun de ces derniers comme le produit d'une année? Les couches neptuniennes se réduisent à des matières calcaires, argileuses et arénacées; or le dépôt calcaire peut seul avoir eu toujours lieu, puisque le carbonate de chaux peut être dissous par les eaux de la pluie à la faveur de l'acide carbonique ou réduit à un grand état de division ou bien arriver dans les eaux au moyen des sources minérales, tandis que souvent il n'est que le résultat du travail d'êtres marins, c'est ce qui explique la grande épaisseur des masses calcaires, comparativement aux autres couches stratifiées, qui ne sont, dans le fait, que des alternatives continuelles de diverses matières.

D'une autre part, les argiles, les sables et les cailloux demandent, pour être déposés par les eaux, qu'ils y soient amenés par des cours d'eau d'autant plus considérables et plus forts que les matières sont plus grossières.

Maintenant les alternatives de calcaire ou de marne, d'argile et de grès étant à l'ordinaire très régulières, cela indique une périodicité dans le dépôt et empêche de croire que le liquide a tenu en suspension toutes ces matières en même temps. Dans ce dernier cas, la pesanteur réciproque des substances aurait déterminé leur précipitation successive, ce que la nature des alternatives démontre n'avoir pas eu lieu. L'année paraît la période naturelle la plus longue qu'on puisse appliquer à

---

ckler, Hildburghausen, 1834, in-4°, et *N. Jahrb. f. Min.* de M. Leonhard, 1835, p. 230.

(1) Voyez *Ann. d. Sc. nat.*, novemb. 1829, p. 225, et *Ann. d. Sc. d'obs.*, vol. 2, p. 382.

la production de ces dernières, l'argile, le sable et les cailloux n'ont pu arriver en abondance dans la mer ou les lacs d'eau douce qu'à l'époque de la crue des eaux fluviales dans les saisons orageuses de l'année.

Comme il est prouvé par les fossiles que la température des zones tempérées et glaciales était jadis plus élevée et voisine de celle entre les tropiques, il est probable qu'il y avait, à peu près comme sous l'équateur, une saison assez sèche et une saison de grandes pluies, ce serait pendant cette dernière que la formation des roches de transport aurait été la plus forte.

Les éruptions ignées ont dû être suivies de charriage, et les dépôts aqueux ont dû s'accroître, ce qui paraît avoir été le cas lorsqu'on considère les couches stratifiées, qui ont dû succéder immédiatement aux formations plutoniques.

De plus, les redressements des couches et les soulèvements des chaînes ont produit de grands mouvements dans les eaux soit salées, soit douces, ce qui a pu occasioner des destructions considérables et donner lieu à de grands dépôts de transport. Ce serait là pour moi l'origine de la plupart des poudingues et des dépôts de cailloux non encore agrégés; or on remarque que réellement la formation des graudes assises de cette espèce de roches a suivi immédiatement les époques de grands bouleversements.

Quant aux couches assez épaisses d'agglomérat qui n'apparaissent qu'une ou deux fois au milieu d'une vaste série d'autres masses, leur origine accidentelle pourrait être cherchée dans des débâcles et des bouleversements plus partiels, ainsi que dans des éruptions ignées locales.

Ce sont surtout ces deux genres d'accidents qui offriront le plus de difficultés pour établir dans la suite une chronologie des dépôts de la croûte du globe, d'après le

nombre de ses couches. Dans tous les cas, je crois que ce dernier but sera atteint ainsi plus aisément qu'en prenant pour termes de comparaison les alluvions annuelles de certains fleuves, ou les décompositions de quelques roches. D'après les limons fluviatiles, différents savants n'ont fait jusqu'ici que des conjectures très diverses, ce qui montre déjà que cette dernière donnée ne se prête pas bien à cette recherche. Quant aux décompositions des roches, elles ne peuvent que très approximativement donner une idée du temps qu'il a fallu pour y produire une certaine décomposition, mais elle ne nous disent et ne peuvent pas nous dire à quelle époque géologique a commencé cette action, puisque mille circonstances, même depuis la fin de l'époque alluviale ancienne, ont pu dénuder une roche, lui enlever sa croûte décomposée, ou du moins la diminuer à plusieurs reprises. D'ailleurs, il y a telle décomposition, comme certaine alluvion, certaine terre végétale qui peut dater en tout ou en partie des temps géologiques les plus anciens, ces produits s'étant formés dès qu'il y a eu un sol découvert; or nous n'avons guère de moyens de distinguer ce qui est d'une époque d'avec ce qui appartient à une autre (1).

§ II. Direction des masses minérales.

Pour déterminer la direction d'une couche ou d'un lit, d'un banc ou d'un filon, il faut tenir le compas de manière que la ligne nord de l'instrument soit parallèle avec la ligne de direction, le point nord étant le plus loin et le point sud le plus près, puis on laisse osciller

---

(1) Comparez le chapitre VI du premier volume du traité sur l'électricité de M. Becquerel.

l'aiguille aimantée et on obtient la véritable ligne de direction en heures ou en degrés.

La direction d'une couche est-elle en quelque rapport avec la direction principale d'une chaîne? Est-elle parallèle au plus long axe de la chaîne, ou celle-ci est-elle coupée par la couche sous un angle plus ou moins aigu? La direction des crêtes et des vallées longitudinales permet-elle d'en déduire une direction parallèle des couches? Un tel parallélisme se continue-t-il dans tous les membres d'une formation?

Des roches de divers âges composant un même dépôt ou une même chaîne présentent-elles une concordance remarquable pour leur direction?

La direction est-elle très variable et parcourt-elle tous les points du compas, de manière qu'on n'en peut tirer aucun résultat général? La direction change-t-elle brusquement et passe-t-elle même à des points diamétralement opposés du compas?

Les couches inférieures ont-elles la même direction que les supérieures?

§ III. Inclinaison des masses minérales.

Lorsqu'on veut déterminer, avec un filon à plomb, l'inclinaison d'une couche, c'est-à-dire l'angle que son plan fait avec un plan horizontal, il faut prendre garde de ne pas se laisser induire en erreur par de petites irrégularités locales sur le plan de la couche. Il est donc utile de tenir l'instrument à une petite distance.

Il en est des inclinaisons comme des directions. Pour arriver à des déterminations exactes, il faut répéter les observations sur plusieurs points et dans plusieurs sens. La manière dont on voit les couches peut induire en erreur; si on ne les voit pas en profil, mais en face, elles

ont l'air d'être horizontales, lors même qu'elles sont fort inclinées. Il ne faut faire les observations d'inclinaison que dans le plan de stratification, c'est-à-dire dans la direction des têtes des couches.

Autrefois on croyait que l'inclinaison forte était le propre des couches anciennes, et que l'horizontalité ou de petites inclinaisons appartenaient aux dépôts secondaires et récents. Maintenant il est reconnu que cette distinction n'est point si tranchée, que l'inclinaison est toujours en rapport avec les redressements, les dislocations et les soulèvements éprouvés par les masses, et que ces derniers phénomènes ont eu lieu à toutes les époques.

D'une autre part, plus les terrains sont anciens, plus ils ont dû éprouver souvent de semblables effets, et *vice versâ*; donc il est évident que les inclinaisons fortes doivent y être plus fréquentes que dans les couches modernes.

Il est quelquefois important de connaître la direction et l'inclinaison des couches cachées sous terre, qu'on a traversées simplement par quelques trous de sondages. Pour arriver à cette connaissance, on peut se servir d'un moyen graphique ou du calcul.

Supposant que le plan (pl. 3, fig. 24) sur lequel on a foré soit horizontal, et que les trous de sonde soient A, B, C, leur éloignement $p1$, $p2$, $p3$, leur profondeur $q1$, $q2$, $q3$.

Il s'agirait de déterminer l'inclinaison et la direction de la couche M N. L'angle A F I donne l'inclinaison, quand A F et I F sont perpendiculaires sur D E, nous le faisons = Y; la direction est déterminée par la connaissance de la position de D E ou de la ligne d'intersection de l'horizon H Z avec la couche K L relativement au triangle A B C.

On a dans le plan AD I

$$AD : p2 = q1 : q1 - q3$$

Donc
$$AD = \frac{q1 \cdot p2}{q1 - q3}$$

De même
$$AE = \frac{q1 \cdot p3}{q1 - q2}$$

De plus
$$DE^2 = AD^2 + AE^2 - 2AD.\,AE.\,\cos.\,A$$

Donc
$$DE^2 = q1^2 \left(\frac{p2^2}{(q1-q3)^2} + \frac{p3^2}{(q1-q2)^2} - 2\frac{p2.p3}{(q1-q2).(q1-q3)} \times \cos A. \right)$$

Mais
$$DE.\,\text{Sin.}\,ADE = AE \times \text{Sin.}\,A$$

Par conséquent
$$\text{Sin.}\,ADE^2 = \frac{\dfrac{q1^2 . p3^2}{(q1-q2)^2} \times \text{Sin.}\,A^2}{q1^2 \left(\dfrac{p2^2}{(q1-q3)^2} + \dfrac{p3^2}{(q1-q2)^2} - 2\dfrac{p2.p3}{(q1-q2)(q1-q3)} \times \cos.\,A \right)}$$

$$= \frac{p3^2.\,\text{Sin.}\,A^2}{\left(p3^2 + \left(\dfrac{q1-q2}{q1-q3}\right)^2 . p2^2 - 2.\dfrac{q1-q2}{q1-q3}\, p2.\,p3.\,\cos.\,A \right)}$$

Cette équation détermine le sens de la direction.

En substituant cette valeur de Sin. ADE dans l'équation

$$AD \times \text{Sin. ADE} \times \text{tang.}\, y = q_1$$

On obtient

$$\frac{q_1^2 . p_2^2}{(q_1 - q_3)^2} \times \frac{p_3^2 . \text{Sin. A}^2}{p_3^2 + \left(\frac{q_1 - q_2}{q_1 - q_3}\right)^2 . p_2^2 - 2\,\frac{q_1 - q_2}{q_1 - q_3} \times p_2 . p_3 . \cos. A} \times \text{tang.}\, y^2 = q_1^2$$

Ou

$$\frac{p_2^2 . p_3^2 . \text{Sin. A}^2}{p_3^2 (q_1 - q_3)^2 + p_2^2 (q_1 - q_2)^2 - 2(q_1 - q_2)(q_1 - q_3) \times p_2 . p_3 . \cos. A} \times \text{tang}\, y^2 = 1$$

D'où l'on tire

$$\text{tang.}\, y^2 = \frac{p_2^2 (q_1 - q_2)^2 + p_3^2 (q_1 - q_3)^2 - 2\, p_2 . p_3 (q_1 - q_2)(q_1 - q_3) . \cos. A}{p_2^2 . p_3^2 . \text{Sin. A}^2}$$

Ou bien

$$\text{tang}\, y^2 = \frac{1}{\text{Sin. A}^2}\left(\left(\frac{q_1 - q_2}{p_3}\right)^2 + \left(\frac{q_1 - q_3}{p_2}\right)^2 - 2.\left(\frac{q_1 - q_2}{p_3}\right) \times \left(\frac{q_1 - q_3}{p_2}\right) . \cos. A \right)$$

Une autre équation s'obtient de

$$\text{Cos.}\, y = \frac{ABC}{IHG}$$

quand ABC et IHG sont les aires de triangles semblables, on les convertit en

$$\text{tang}\, y^2 = \frac{1 - \cos.\, y^2}{\cos.\, y^2} = \frac{IHG^2 - ABC^2}{ABC^2}$$

Mais

$$ABC^2 = \frac{4\, p_1^2 .\, p_3^2 - (p_1^2 - p_2^2 + p_3^2)^2}{16}$$

Et

$$IHG^2 = \frac{4\, \pi_1^2 .\, \pi_3^2 - (\pi_1^2 - \pi_2^2 + \pi_3^2)^2}{16}$$

Où π sont les côtes du triangle IHG, qu'on peut déduire des équations suivantes :

$$\pi_1^2 = p_1^2 + (q_2 - q_3)^2$$
$$\pi_2^2 = p_2^2 + (q_1 - q_3)^2$$
$$\pi_3^2 = p_3^2 + (q_1 - q_2)$$

En introduisant ces valeurs, plusieurs membres de l'équation disparaissent et il ne reste que

$$\text{tang.}\, y^2 = \frac{p_1^2 .\, (q_1 - q_2)(q_1 - q_3) + p_2^2\, (q_2 - q_3)(q_2 - q_1) + p_3^2\, (q_3 - q_1)\, (q_3 - q_2)}{4\, ABC^2}$$

Voyez le mémoire de M. Lamé (*Ann. des Mines*, vol. VI, p. 81, 1819), avant lui M. de Langsdorf avait traité le même sujet dans sa *Technologie* (vol. II, p. 257).

Quelle est l'inclinaison générale des couches? Entre plusieurs inclinaisons, quelle est celle qui prédomine sur les autres? La même inclinaison se retrouve-t-elle dans toutes les vallées principales? Ou bien l'inclinaison n'est-elle pas déterminable, et de singuliers contournements, ou des zigzags bizarres, ne permettent-ils d'apercevoir aucune inclinaison constante dans les profils transversaux? L'inclinaison parcourt-elle pour ainsi dire toutes les positions, depuis l'horizontalité jusqu'à la verticale? De pareilles irrégularités dans l'inclinaison, sont-elles concomitantes d'une direction régulière?

Les couches plongent-elles contre la crête des montagnes? Quel est le plus petit angle d'inclinaison des couches d'un dépôt ou d'une chaîne? Quelle est la formation qui offre les plus fortes inclinaisons? Quelles sont celles où domine l'horizontalité? Les dépôts récents et les parties supérieures des chaînes sont-elles dans ce dernier cas, et n'est-ce qu'exceptionnellement qu'on les trouve inclinées sans être bouleversées, tandis que les couches anciennes sont fortement inclinées et dérangées? Ces rapports de position indiquent-ils que les masses, à une si grande élévation, ne sont plus au niveau où elles ont été déposées?

L'inclinaison d'une roche varie-t-elle d'après des accidents locaux, ou seulement d'après les pentes de la surface des masses minérales sous-jacentes? Beaucoup de couches à l'ordinaire horizontales, ne deviennent-elles pas fort inclinées avant de rencontrer d'autres dépôts?

L'inclinaison est-elle d'autant plus petite, qu'un dépôt paraît avoir eu lieu avec plus de tranquillité? La direction de chaînes voisines a-t-elle déterminé l'inclinaison des couches des dépôts plus récents qui les limitent?

Le passage des couches inclinées aux masses horizon-

tales, est-il une règle générale dans la contrée ou le dépôt qu'on observe? Un tel résultat provient-il de ce que des couches inclinées se replient et deviennent horizontales? Ou bien la puissance des couches augmente-t-elle vers le bas, de manière que les masses supérieures reposent sur des plans moins inclinés?

Observe-t-on de fortes inclinaisons dans les couches plongeant dans certaines directions, et le contraire dans celles inclinées d'une manière opposée?

Les changements d'inclinaison d'une même roche proviennent-ils d'affaissements ou de redressements très considérables, comme cela arrive souvent dans les Alpes? Des fentes viennent-elles appuyer une semblable hypothèse?

Trouve-t-on, sur la pente inférieure de montagnes coniques, que les couches très inclinées plongent depuis le pourtour des montagnes vers l'extérieur, et forment ainsi, par leurs affleurements, des arcs de cercle à convexités tournées en dehors? L'inclinaison devient-elle moindre sur les points les plus élevés, et les couches paraissent-elles horizontales sur les sommets?

Quelle est la position des couches appuyées sur des surfaces ondulées? Y a-t-il oscillation dans l'inclinaison, vers le milieu d'une série de couches en dos d'âne ou en bassin, ou bien au milieu des masses comblant des cavités très étendues? L'inclinaison varie-t-elle sur de petits espaces, et est-elle d'autant plus constante que les assises sont plus éloignées des grandes ondulations de la surface sous-jacente?

Y a-t-il une répétition de couches peu inclinées ou presque verticales dans des séries de couches en arc de de cercle à convexité ou concavité tournée vers la surface du sol? Trouve-t-on de ces accidents dans tous les dépôts, ou plutôt dans ceux qui forment des montagnes?

Paraissent-ils de formation contemporaine avec celle des masses, ou bien sont-ce des effets de refoulements et de redressements postérieurs par suite de soulèvements?

Les alternatives ou les différences de direction et d'inclinaison augmentent-elles à mesure qu'on s'élève? La régularité à cet égard cesse-t-elle plus ou moins dans les hauteurs en conséquence d'ondulations singulières, ou bien l'irrégularité n'existe-t-elle réellement qu'en petit et sur de petites étendues, tandis que, vues en grand, les couches reprennent leur position normale?

§ IV. Puissance générale des masses.

La grande puissance de certaines couches peut faire croire mal à propos au manque de stratification.

La détermination de la puissance d'une masse ou couche est-elle rendue incertaine par une stratification indistincte, ou bien par une modification ignée qui a fait disparaître les joints de séparation des couches ou des masses? La puissance est-elle uniforme ou variable? Est-elle plus grande dans les couches supérieures ou inférieures? Les couches verticales sont-elles plus puissantes vers leurs pieds que vers leurs têtes?

§ V. Surface des couches.

La surface des couches est-elle plane ou ondulée dans le sens de la direction aussi bien que dans celui de l'inclinaison?

Les ondulations de deux couches ont-elles quelque chose de symétrique? Y a-t-il une correspondance entre leurs convexités et leurs concavités, ou bien des couches planes sont-elles intercallées entre d'autres qui sont ondulées, ou est-ce tout le contraire?

Quels sont les dépôts où se rencontrent surtout les

couches arquées? N'est-ce pas dans les calcaires, les marnes, les argiles schisteuses, les grauwackes et les schistes cristallins?

Quelles causes peut-on assigner à la production de ces courbures? Est-il permis d'admettre que les couches originairement pâteuses et tendres ont pu être plissées sans se briser beaucoup par des forces agissant de bas en haut ou latéralement? Ou bien doit-on croire que des couches arquées n'ont jamais été horizontales et ont été déposées sous cette forme? N'y a t-il pas, pour les dépôts de sédiment, une limite d'inclinaison, qui ne s'étend pas même au-delà d'un assez petit angle? Cette limite n'est-elle franchie qu'avec l'aide de mouvements extraordinaires dans les eaux, et dans ce cas, n'est-il pas possible que des sédiments s'accommodent aux faibles ondulations d'une surface, au lieu de s'y déposer en lits à surface tout-à-fait plane?

Doit-on réellement admettre que certaines dépressions bizarres sur la surface des couches, surtout arénacées ou marneuses, soient dues à la marche d'animaux marins, d'amphibies et même de mammifères terrestres, tandis que des excréments de reptiles y auront pu produire des protubérances?

§ VI. Etat de conservation et fendillement des couches.

Les couches offrent-elles des fentes transversales? Sous quels angles ont lieu ces accidents? Peut-on les confondre avec les points de séparation des lits ou les feuillets de la roche?

§ VII. Affleurement ou têtes des couches.

Quelle est la nature des têtes des couches? Sont-elles décomposées ou désagrégées, couvertes de débris ou d'alluvions?

Les affleurements se règlent sur les ondulations des couches comme sur la nature de la surface des montagnes, et ils ne sont pas toujours déterminés par la direction des couches.

§ VIII. Changements dans la position des couches.

La position des couches peut éprouver plusieurs espèces de changements. Elles peuvent avoir été *déjetées*, c'est-à-dire divisées par des fentes en plusieurs masses, qui ensuite ont été déplacées de leur position originaire pour être portées à un niveau supérieur ou inférieur, en conservant l'horizontalité ou l'inclinaison de leurs couches, ou bien en acquérant une augmentation d'inclinaison. Elles peuvent aussi être simplement *redressées*, *soulevées* ou *abaissées*. Enfin, elles peuvent s'être *écroulées* avec des ruptures très irrégulières.

Toutes ces modifications sont importantes à observer; mais il faut savoir distinguer les accidents locaux d'avec ceux qui sont généraux, car ces derniers seuls sont liés aux grands phénomènes géogéniques. Les failles, les soulèvements et les abaissements donnent la mesure des actions souterraines qu'une contrée a éprouvées. Dans les grandes chaînes, leur nombre et leur grandeur semblent remplacer les éruptions ignées, bien plus fréquentes dans les pays de plaine que dans ce genre de contrées. Cependant il ne faut pas oublier que les effets de ces phénomènes ont été influencés considérablement par la nature des roches et leur état de dureté ou de mollesse.

Les couches sont-elles déjetées? Y a-t-il beaucoup d'accidents semblables? Les failles ou fentes de séparation n'ont-elles que quelques pouces ou sont-elles très larges? Leur puissance augmente-t-elle avec le nombre et la masse des couches? Les fentes (en All. *Klufte*) sont-elles sujettes à des élargissements et des rétrécissements? Sem-

blent-elles toutes environ du même âge? Présentent-elles entre elles un certain parallélisme de direction? Plusieurs se réunissent-elles en une faille (en All. *Sprunge*) principale sans s'entrecroiser? De petites fentes se réunissent-elles inférieurement à des failles principales, ou bien cessent-elles petit à petit? L'inclinaison des fentes est-elles en général forte et est-elle constante?

Les fentes sont-elles vides ou remplies plus ou moins de matières décomposées, argileuses ou arénacées? Donnent-elles accès à des filtrations aqueuses, ou sont-elles remplies d'eau? Les failles sont-elles accompagnées des plus grands abaissements ou relèvements des couches dans le milieu d'un massif stratifié, et le contraire a-t-il lieu près de la terminaison des fentes? Quelle influence les failles ont-elles sur l'inclinaison des couches? Quelle est la nature des roches à côté des failles?

Doit-on regarder les failles comme la suite d'affaissements ou de glissements locaux, ou bien est-ce un effet de soulèvement? Quelques-unes sont-elles contemporaines de la formation des couches qu'elles coupent? Un dépôt formé sur une surface inclinée ne donne-t-il pas lieu à la production de fentes et de failles, au moyen des glissements.

En général, les dépôts pleins de failles, comme par exemple les houillères, ne doivent-ils pas ce genre d'accident à toutes les causes réunies que je viens de signaler?

On peut consulter avec avantage sur les failles deux tableaux dans lesquels M. Farey (1) a tâché d'indiquer

---

(1) Voyez son *General view of the agriculture a minerals of Derbyshire*. Londres, 1815. M. Waldauf a reproduit ces tableaux dans son excellent traité des dépôts et des filons métal-

les différentes positions que peuvent prendre des couches coupées en deux par une faille. Il distingue huit modifications principales de position, et donne pour chacune six exemples des changements postérieurs produits par la destruction ou l'excavation d'une partie des couches.

Supposant les dernières sous la forme de deux cubes, la faille peut être accompagnée d'un simple redressement ou glissement d'un des cubes; dans le premier cas la fente de séparation sera plus large en bas qu'en haut, et dans le second le contraire aura lieu. Si une faille produit un abaissement ou un soulèvement d'un des cubes, cet accident peut avoir lieu en altérant ou en ne modifiant pas la position de ses couches. Les deux premiers cas peuvent se compliquer par un abaissement d'un des cubes, tandis que l'autre est redressé ou a glissé. Les deux derniers perdent aussi leur simplicité par la concomitance de changement d'inclinaison dans le cube qui n'est pas abaissé ou soulevé.

Quels faits indiquent que *des couches ont été soulevées?* Si les couches sont des agglomérats, les cailloux sont-ils placés contre les lois de la pesanteur? Si elles sont coquillières, les bivalves ne se trouvent-elles plus dans leur position normale? Cet accident a-t-il été accompagné de redressements? Les couches ont-elles été soulevées en masse, ou bien le soulèvement n'a-t-il simplement agi que sur un des côtés des couches? Sont-elles bouleversées de manière que leur direction ou leur position originaire a été changée complètement? Y a-t-il eu, par un mouvement de bascule, renversement total d'une série

---

lifères (*Die besonderen Lagerstätten der nutzbaren Mineralien*, Vienne, 1824).

de couches, de manière à placer un dépôt ancien sur un autre en réalité plus récent?

L'irrégularité, les ondulations et les plissements des couches, sont-ils des preuves que, postérieurement à leur formation, ces masses ont été affectées et portées à leur niveau actuel par des actions souterraines ou plutoniques? Observe-t-on des fendillements sur le haut des courbures des couches arquées ou contournées? Des masses de roches étrangères sont-elles enclavées entre elles? Des matières en fusion semblent-elles avoir profité de ces refoulements et fendillements pour se montrer au jour ou pour modifier diversement les roches neptuniennes?

Les rapports de stratification de couches tourmentées et placées à de grandes hauteurs, sont-ils restreints seulement à l'étendue de certaines vallées et sans connexion avec les masses d'autres sommités voisines?

Des couches ont-elles été *abaissées* en conséquence d'érosions souterraines, d'affaissements arrivés dans la croûte du globe ou en conséquence de redressements de quelques masses sous-jacentes? Cet accident a-t-il ou n'a-t-il pas dérangé les couches ou bien ces dernières se sont-elles fracassées et y a-t-il eu production de nombreux fendillements, d'inclinaisons très diverses et de cavités en entonnoir?

§ IX. Rapports mutuels de stratification entre les couches.

Les rapports de stratification de diverses masses peuvent-ils se raccorder ensemble ou non? Observe-t-on une certaine uniformité de stratification entre les couches de masses enveloppées et enveloppantes?

§ X. Particularités des stratifications sur les limites des formations ou des terrains.

La direction et l'inclinaison des couches varient-elles

ou restent-elles les mêmes sur les limites de deux terrains? Observe-t-on, à cet égard, quelque différence pour les formations anciennes et nouvelles?

La stratification est-elle déterminée par la surface de dépôts inférieurs? De pareilles relations sont-elles rendues probables par les variations dans l'angle d'inclinaison, les ondulations et les plissements divers? Ces rapports ne sont-ils pas plus rares dans les dépôts très anciens que dans ceux qui sont récents, et n'augmentent-ils qu'à mesure qu'on remonte vers les couches les plus supérieures?

CHAPITRE IV.

Formes de retrait ou de division en grand des roches.

§ I. Division en forme prismatique.

Quel est le nombre de pans des prismes? Quel est celui qui est le plus fréquent? Quel est leur diamètre? Ce dernier augmente-t-il de bas en haut ou de haut en bas? Les côtés des prismes sont-ils droits, bombés, convexes ou concaves? Les prismes sont-ils articulés, c'est-à dire divisés en masses prismatiques terminées par des surfaces planes, convexes ou concaves? Quelle est la hauteur de chacune de ces parties d'un prisme? Chacune paraît-elle composée d'une boule placée dans un châssis dont les parties angulaires extérieurement et concaves intérieurement, sont formées par les angles solides du prisme? Les colonnes sont-elles simplement composées de plaquettes prismatiques ou de prismes extrêmement surbaissés?

Les colonnes sont-elles droites, arquées ou inclinées et sous quel angle? Sont-elles horizontales, et cet accident se voit-il surtout dans les masses placées à des ni-

veaux inférieurs? Les colonnes les plus minces sont-elles ordinairement les plus régulières?

Quelle est l'étendue d'une colonnade de prismes? Quelle est sa hauteur? La division prismatique est-elle liée avec la formation d'une roche? Dans les roches ignées (les basaltes, les phonolithes, les trachytes, les porphyres, les siénites et les granites), résulte-t-elle de leur refroidissement ou de leur passage de l'état pâteux à l'état lithoïde?

Quelle est l'origine des colonnades courbes ou horizontales, ou du mélange des unes et des autres? Les prismes horizontaux n'indiquent-ils pas souvent le refroidissement des matières dans des fentes?

Quels sont les faits qui feraient croire que la division prismée n'est qu'un effet de retrait mécanique et de desséchement, comme cela se voit dans les argiles? Provient-elle de fendillements réguliers? Dans ce cas, n'est-elle pas mieux caractérisée dans le haut des masses que dans le bas?

La séparation en prismes n'est-elle pas plus fréquente dans telle ou telle roche lorsqu'elle est dans le voisinage de certaines masses, comme dans le cas d'argiles marneuses des houillères, etc., près des roches ignées?

Toutes les variétés d'une roche ne présentent-elles pas la même tendance à ce genre de division? Cette dernière est-elle plus fréquente dans les roches à grains fins ou dans celles qui sont grossières?

§ II. Division en formes globulaires.

Les boules sont-elles ou ne sont-elles pas de la même nature que la masse qui les empâte? Leur noyau est il compacte? Contient-il du quarz ou de la calcédoine?

Est-il entouré de croûtes concentriques ou les boules se délitent-elles sous cette forme?

Les boules paraissaient-elles former des couches particulières? Quelle est leur puissance? Dérivent-elles de la division prismatique?

La structure globulaire dépend quelquefois évidemment de la cristallisation originaire des éléments de la roche, comme dans les granites et les diorites orbiculaires, les pyromérides, les perlites, etc. Mais dans d'autres roches, telles que les trapps et les basaltes, on est embarrassé de savoir si on doit attribuer cette structure à une espèce de décomposition plutôt qu'à une forme originaire de la division cristalline de la masse.

La liaison de cet accident avec la division prismatique, le bas des colonnades passant, par la division globulaire, aux masses amorphes, sont deux circonstances qui feraient soupçonner que quelquefois il indique le commencement d'une action inachevée, qui tendait à produire des masses prismées. Dans ce cas, le refroidissement y avait eu une grande part. Néanmoins il est difficile de se rendre compte toujours de l'alternative de parties globulaires avec d'autres qui sont prismées ou amorphes.

Dans les roches arénacées, il y a des divisions globulaires qui proviennent évidemment de la distribution particulière du carbonate de chaux plus abondant dans ces parties que dans le reste de la massé.

Dans ce cas, les globules sont çà et là liés plusieurs ensemble, et ils passent à des formes bizarres, elliptiques, allongées, ou aplaties, ou même ils sont ramifiés, ce qui ne s'observe pas dans les divisions globulaires des roches ignées. Néanmoins cette cause particulière peut-elle entrer pour quelque chose dans la division globulaire de certaines roches trappéennes?

§ III. Division en plaquettes plus ou moins régulières.

Cette division est le propre des roches ignées ; les phonolithes, certains basaltes, certains granites ou des siénites à grains fins en offrent de bons exemples, et peuvent ainsi servir d'ardoises tégulaires. Les calcaires compactes, surtout ceux du système jurassique supérieure, se délitent souvent en plaquettes.

§ IV. Division en rhomboèdres, ou parallélipipèdes obliquangles.

Cette division se remarque surtout dans certains schistes, certains calcaires compactes, certains calcaires marneux du lias, certains grès argilo-calcaires du grès vert ou du système crétacé à facoïdes, etc. Cette division a lieu quelquefois avec une telle constance, que les joints de séparation peuvent être confondus avec ceux de stratification. Il arrive aussi que des couches planes ou contournées coupées ainsi obliquement par des fentes, se trouvent placées entre d'autres où rien de semblable n'a lieu.

La surface de certains calcaires compactes se partage aussi en masses plus ou moins carrées.

§ V. Division en calottes paraboliques concentriques.

Ce genre de division est offert quelquefois par les filons de porphyre, de trapp ou de serpentine, qui se sont terminés dans les roches stratifiées sans avoir pu les percer. Il y a un filon du premier genre dans la baie de Drumodoon, dans l'île d'Arran, en Ecosse, et on en connaît d'autres dans ce pays. Un exemple du dernier genre se trouve dans le culot de serpentine, au milieu du calcaire jurassique de Willendorf, en Autriche, tandis qu'en Ecosse et dans le Vicentin, des filons trappéens se terminent aussi de cette manière.

§ VI. Division en calottes sphériques concentriques.

Les porphyres, les trachytes, ainsi que certaines roches granitoïdes, présentent cette division, qui indique que ces masses ont été pâteuses, et ont été poussées violemment de bas en haut par la force des gaz. On peut citer comme exemples le dôme trachytique creux de Jasinga, dans l'île de Java (1), le Puy de Sarcouy, des buttes de porphyre à Mohorn, en Saxe, et près de Halle, en Prusse, des coupoles granitiques sous des gneiss de Hafnerzell, en Bavière, etc.

CHAPITRE V.

Fendillement en grand.

Un dépôt offre-t-il beaucoup de grands fendillements? Les fentes suivent-elles une direction déterminée, ou se croisent-elles de différentes manières? Quelles sont les formes générales qui résultent de leurs entrecroisements ou associations? Dans quels rapports les fentes sont-elles aux joints de séparation des couches? Sont-elles verticales ou tout-à-fait irrégulières, et courent-elles en mille sens divers? Leur inclinaison varie-t-elle beaucoup çà et là?

La largeur des fentes est-elle environ la même partout? Sont-elles accompagnées de ciselures ou de cannelures sur la surface des roches, comme celles produites par un acide sur un calcaire, ou par la friction d'une masse dure sur une autre plus tendre? Renferment-elles de l'argile smectique, espèce de savon de mon-

(1) Voyez *Bull. de la Soc. géol. de France*, vol. 4, p. 218.

tagne grossier ? Sont-elles vides et ouvertes ? Y a-t-il de l'eau, ou sont-elles sèches ? Cela vient-il de ce que les eaux trouvent à traverser les roches à fentes jusqu'au niveau des torrents voisins ?

Les murs des fentes sont-ils polis ou à surface irrégulière, ou bien couverts de quelque substance décomposée, de quelque incrustation ou cristallisation ? Y a-t-il des dendrites, des taches ou des zones métalliques (ferrugineuses, etc.) sur les murs des fentes ?

Le minéral qui tapisse la fente colore-t-il à son contact la roche traversée, comme cela arrive, par exemple, pour certaines fentes à cristaux de fluore dans le porphyre, roche qui passe ainsi du rouge au violâtre (Halle, en Prusse) ?

Y a-t-il sur les murs des fentes des minéraux cristallisés comme de la tourmaline, du feldspath, de l'albite, de l'épidote, de l'anatase, etc., et paraissent-ils intimement liés avec la nature des roches fendillées, telles que du granite, des roches pétro-siliceuses, etc. ? Dans ce cas, peut-on croire que les fentes n'ont été remplies ou tapissées que très peu de temps après leur formation ? Leurs minéraux ne seraient-ils qu'une espèce d'exudation chimique ou de sublimation ayant eu lieu pendant leur consolidation ou leur refroidissement ?

Quelle est la nature de la roche dans le voisinage des fentes ? Les roches ont-elles été fort altérées par leur contact avec l'air et l'humidité ou par les infiltrations ?

CHAPITRE VI.

Rapports de gisements des masses minérales.

Les rapports de gisements forment la partie essentielle de la science géologique appelée *géognosie* ; toutes

les autres sous-divisions de cette étude, telles que la classification des roches, l'examen de leur structure, de leurs fossiles, de leur stratification, etc, ne sont que les connaissances préliminaires qu'il faut acquérir avant d'arriver à la détermination des gisements pour être conduit enfin à reconnaître dans la croûte terrestre divers *sols*, un certain nombre de *formations*, une plus grande quantité de *terrains* et un nombre infini de *dépôts*.

En général, les gisements sont plutôt obscurs que clairs; dans l'arrangement des masses minérales, le chaos semble plutôt régner que l'ordre, mais à force de patience, on reconnaît petit à petit qu'on s'exagérait le désordre. Plus tard, on est obligé d'avouer que la coïncidence de diverses circonstances ont induit en erreur, et un esprit sachant généraliser arrive enfin à reconnaître des lois fixes et même de la simplicité dans ces phénomènes naturels.

Les rapports de gisement des roches ne doivent pas se déduire seulement de la nature minéralogique des roches, mais de leur superposition ou juxta-apposition à certaines masses, ou de leur intercallation entre ces dernières. Mais comme on n'est pas toujours d'accord sur l'origine des redressements des couches, l'étude de l'âge relative des masses inclinées exige une grande prudence. Il ne reste pas de guide plus sûr que la continuité des couches, c'est-à-dire de poursuivre des assises jusqu'à un point où elles recouvrent des dépôts dont l'âge est incontestable, ou bien où elles passent dessous ces derniers, s'intercallent entre eux ou viennent seulement en contact avec eux.

Dans les cas de stratification contrastante, on semblerait devoir arriver plus vite à une conclusion sur l'âge de deux dépôts, si d'autres faits isolés et répétés ne re-

naient quelquefois rendre probables d'autres explications.

L'absence d'un membre d'un terrain demande la plus sérieuse attention, tandis qu'on ne doit jamais considérer comme des terrains nouveaux des dépôts simplement subordonnés et locaux. C'est un reproche qu'on peut faire à certains géologues d'Angleterre et des États-Unis, qui font bien de décrire minutieusement les accidents de leur pays, mais qui ne devraient pas croire, comme jadis Werner, que le monde entier est modelé sur les divisions et les subdivisions de terrains d'un petit espace des continents.

Il y a certains terrains dont l'âge ne peut être déterminé qu'approximativement, soit à cause de la grandeur de leurs dépôts, soit par suite de l'obscurité de leur gisement. Plusieurs amas de roches massives et de dépôts stratifiés modifiés sont dans ce cas.

Pour les roches stratifiées, les vallées transversales des chaînes ou les montagnes bordant les vallées, donnent les moyens d'établir leur gisement, tandis que la place des masses non stratifiées au milieu des premières sont reconnues par une forte décomposition, des amas de débris, ou bien des murailles verticales résultant d'une nature très réfractaire à la décomposition.

§ I. Superposition, mur et toit des couches.

Dans les déterminations de superposition, il ne faut pas confondre une véritable superposition, c'est-à-dire deux masses placées l'une sur l'autre sur de grandes étendues, avec une superposition locale d'une roche ignée sur des couches stratifiées, ou avec une fausse alternative de deux roches d'âges très différents.

Ainsi sur le bord de la mer, les anfractuosités des ro-

chers corrodées se remplissent de limons et de débris, qui cimentés peuvent çà et là prendre l'aspect de couches et donner l'idée imaginaire de superpositions. Or cet accident trompeur se présente dans tous les cas où des dépôts plus ou moins anciens sont venus recouvrir des rochers bordant jadis des mers ou des lacs. Des calcaires secondaires à fentes ou cavités remplies par des agglomérats tertiaires, quelquefois coquilliers et à ossements, peuvent avoir l'air d'alternats extraordinaires. Des craies ont été ainsi citées comme contenant des ossements de quadrupèdes vivants ou même d'hommes, etc. La trop facile crédulité en ce genre d'observation est aussi fatale que l'obstination systématique de ne vouloir pas voir ce qui renverse une théorie favorite.

D'un autre côté, des éruptions de matières pâteuses ont pu se déverser sur des masses stratifiées, ou même, au moyen d'une fente, s'intercaller entre elles plus ou moins complètement ou parfaitement. Des coupes trop locales donneront une idée fausse de cet accident. Il faut donc faire attention à la nature des roches, et dès qu'on trouve un cas anomal, poursuivre le contact des deux masses jusqu'à ce qu'on se soit assuré suffisamment de leur position respective.

Les divergences d'opinion qui ont existé et existent encore sur l'origine et la position de beaucoup de roches trappéennes et porphyriques proviennent uniquement de la négligence de cette règle fondamentale en géologie. On a pris des filons ou des filons-couches, et même des amas ellipsoïdes, pour de véritables couches, tandis que si on s'était donné la peine de suivre ces prétendues couches, on aurait vu cesser la concordance de stratification, en même temps qu'on aurait aperçu souvent des modifications ignées au contact.

L'inclinaison des couches est une indication fort trom-

peuse de superposition, car une série d'assises inclinées peut venir simplement butter contre le pied de masses semblablement inclinées, sous lesquelles elles paraissaient plonger. En général, près des hautes chaînes, de pareilles déductions sont fort hasardées, car de faibles inclinaisons peuvent tout aussi bien provenir de failles ou de dépôts juxta-opposés. Lorsque les couches sont fortement inclinées, elles se relèvent quelquefois subitement au pied des massifs sous lesquels elles ont l'air de plonger, et elles sont sujettes à prendre très promptement des inclinaisons tout-à-fait opposées. Enfin il arrive aussi que des soulèvements ont rejeté des couches anciennes sur des dépôts plus récents.

Il faut donc tâcher toujours de voir sur quelle roche ou quelle couche repose la masse observée, et quelle est la roche ou la couche qui la recouvre, puis on compare ensuite les observations aux dogmes de la science et aux faits généralement reconnus dans une grande contrée, et on voit s'il y a concordance ou discordance avant de conclure.

Lorsqu'il y a renversement complet, on peut encore se guider par les traces de soulèvements, par le niveau général des dépôts dans une contrée, par des différences très grandes dans l'inclinaison d'une même série de couches d'un pays à un autre, enfin par les fossiles, s'il y en a.

Deux couches voisines viennent-elles butter l'une contre l'autre de manière à ce qu'on puisse poursuivre leur ligne de contact? Ou bien leur position respective reste-t-elle louche, et y a-t-il une espèce de fausse apparence d'un passage? Quels changements dans les couches distinguent à leurs limites la roche superposée de celle qui est sous-jacente? Lorsque la superposition n'est pas visible, y a-t-il des arguments pour adopter une conclusion à cet égard?

§ II. Gisement concordant, discordant ou non conforme et transgressif.

Ces différences de gisement doivent être soigneusement étudiées, comme donnant la clef du mode de formation des dépôts. Une série de couches parallèles superposées les unes sur les autres en *gisement concordant*, indiquent une continuité dans le dépôt, si toutes les couches font partie d'un seul terrain. Trouver en superposition concordante tous les dépôts stratifiés de la croûte terrestre, ce serait vraiment avoir devant soi le détail des opérations de la nature; or, nulle part cela n'a lieu, parce que des matières d'épanchements et des actions ignées sont venues bouleverser chaque contrée à certaines époques. On est donc réduit à raccorder ensemble, tant bien que mal, différentes séries intactes de superpositions observées à de grandes distances.

Mais il arrive aussi que deux dépôts d'âge fort différent, sont venus se placer, d'une manière conforme, l'un sur l'autre : c'est encore une de ces circonstances qui peuvent induire en erreur. Néanmoins il est rare que le contact des deux masses ne soit pas accompagné de quelqu'accident. Ainsi la masse supérieure aura une nature particulière ou du moins une autre teinte, d'autres minéraux ou d'autres fossiles; elle empâtera peut-être inférieurement des fragments du dépôt inférieur.

Lorsque toutes ces petites circonstances manquent, on peut se trouver embarrassé de tirer la limite exacte entre deux dépôts, quoiqu'on puisse bien reconnaître en grand deux terrains. Dans ce cas se trouve, en particulier, la superposition du terrain cretacé méditerranéen à grès marneux, agglomérat, calcaire compacte et dolomitique, sur une formation de schistes, de

grauwackes et de calcaires anciens, comme cela a lieu en Illyrie (1).

La *stratification discordante*, c'est-à-dire des couches dont le parallélisme ne concorde pas avec celui d'une autre série, est un caractère auquel on a jadis attaché beaucoup d'importance et qui cependant n'en a pas toujours.

Lorsque cet accident de stratification a lieu sur une grande échelle entre deux terrains très différents, il est évident qu'il indique l'écoulement d'un espace de temps entre la fin d'une des séries de dépôts et le commencement de l'autre ; mais il arrive que cette stratification se voit souvent sur une petite échelle, dans des couches d'un terrain ou même dans les lits d'une couche. Dans ce cas elle ne peut donner l'idée que d'un laps de temps infiniment petit, ou même on peut l'attribuer à un changement dans les circonstances concomitantes du dépôt ; ensuite des amas et des petits glissements locaux ont pour effet de produire aussi des stratifications de ce genre.

Je crois qu'un accident bien plus important est celui où deux séries de couches ou deux terrains reconnus pour se suivre en stratification concordante, se trouvent en *stratification transgressive*, c'est-à-dire que des couches horizontales ou peu inclinées sont placées sur d'autres fortement redressées. Il est évident alors que la dernière formation n'a eu lieu qu'après un bouleversement extraordinaire dans celle qui l'a précédé. Aussi ces accidents en grand sont assez rares, et ils sont, avec les fossiles, les témoins vivants les plus réels des révolutions

---

(1) Voyez ma Notice (*Mém. de la Soc. géol. de France*, vol. 2, part. 1).

du globe; au contraire, les stratifications discordantes ne doivent être employées qu'avec beaucoup de réserve dans ce dernier genre de recherches.

Deux terrains d'époques très diverses placés en stratification transgressive n'ont rien d'étonnant et n'avancent pas notre connaissance des époques des plus grands changements arrivés à la croûte terrestre. Ainsi la craie horizontale sur le schiste primaire ou intermédiaire redressé, n'a pas le même intérêt pour nous que le terrain houiller sur les tranches des couches de grauwackes récentes ou le terrain tertiaire inférieur sur la craie redressée, etc.

§ III. Alternatives.

Les couches alternantes se succèdent dans un ordre régulier ou irrégulier; elles sont nombreuses ou en petit nombre, puissantes ou minces. Toutes ces circonstances doivent être notées, afin de pouvoir en déduire soit l'épaisseur même de tout un terrain, soit la manière dont il s'est formé. Si les alternatives sont répétées, les couches minces et variées, c'est une indication de périodicité dans le retour des mêmes causes; si elles sont puissantes, l'action de chaque cause a été longue; enfin si elles sont épaisses par exception, il y a eu quelqu'accident particulier lors de ces dépôts différents des autres.

Les alternatives de couches marines et d'eau douce ou de couches marines et de masses à coquilles marines et douces, méritent une attention particulière.

Voyez pour plus de détails, ci-dessus chap. III, et partie 5, chap. II, § 4.

§ IV. Couches subordonnées.

Un terrain renferme-t-il beaucoup ou peu de dépôts

subordonnés ? Ces derniers sont-ils analogues ou tout-à-fait étrangers aux couches qui les enclavent? Y a-t-il un passage des amas subordonnés aux couches qui les contiennent ? L'origine des dépôts subordonnés est-elle la même ou semblable à celle du terrain qui les renferme? Sont-ce des matières ignées en amas, en culots ou filons? Dans ce cas, la limite de deux dépôts n'est-elle pas bien marqué par différents accidents de contact (*Voy.* part. 3, chap. 2, § 7)? L'origine des dépôts subordonnés dans les roches stratifiées, n'est-elle que la conséquence d'une modification ou imprégnation ignée ?

Un dépôt fluviatile ou lacustre se trouve-t-il intercallé dans un terrain de dépôts marins? Peut-on y voir deux formations contemporaines enchevêtrées, c'est-à-dire pendant que des couches marines se formaient sur les plages marines et dans la mer, des matières semblables ou différentes étaient-elles déposées par les eaux fluviatiles, qui débouchaient dans la mer et qui y mêlaient des coquilles d'eau douce et même des restes de végétaux et d'animaux terrestres?

Doit-on plutôt supposer des dépôts ayant eu lieu en même temps et à peu de distance, d'un côté, dans des lagunes d'eau douce ou saumâtre, et, de l'autre, dans la mer, de manière à avoir pu produire aussi des enchevêtrements de dépôts, au moyen du changement accidentel des lagunes en golfes marins et de certains rivages en lagunes?

§ V. Soulèvements.

Quelles sont les preuves qu'il y a eu des soulèvements? L'horizontalité ou la conformité de position d'un même dépôt est-elle détruite de manière à indiquer clairement un soulèvement? Les masses soulevées offrent-elles une position concordante avec quelque autre dépôt? L'irré-

gularité des couches, les variations d'inclinaisons et de directions, etc., montrent-elles que toute une chaîne a été bouleversée et fracassée? Y a-t-il eu des mouvements complets de bascule?

Quelles sont les roches qui ont été soulevées dans un pays et intercallées entre d'autres dépôts? A quelles époques ont eu lieu les divers soulèvements soit de masses ignées, soit de couches stratifiées?

CHAPITRE VII.

Détermination des formations.

La détermination des *formations* est une chose que peu de personnes comprennent, parce qu'elles confondent sans cesse ensemble les dépôts avec les terrains, et ceux-ci avec les formations. Il en résulte que, dans chaque grand bassin, tout géologue de quelque réputation trouve à établir et des formations et des terrains nouveaux, quand par le fait ce ne sont que des dépôts locaux ou des accidents de certaines formations généralement répandues.

Quand le classement des dépôts a pris naissance, on se contentait, en France, de distinguer le terrain granitique ou cristallin, le terrain secondaire ou calcaire et le terrain récent. En Allemagne, la constitution particulière de ce pays avait fait admettre les distinctions de terrains à filons et de terrains stériles, ou de terrains des montagnes, des basses montagnes et des plaines. Puis Werner est venu tenter un système rationnel de classement géologique sur la signification donnée par Fuchsel au mot de formation, et sur les connaissances acquises relativement à la distinction du sol primaire et secondaire et à la succession de la plupart des roches secondaires en

Allemagne, telles qu'on les trouve exposées dans les ouvrages de Lehmann (1) et de Fuchsel.

Ce dernier savant distinguait les strates qui forment chacun un dépôt, les couches (*situs*) composées de strates et les formations (*series montana*) ou les séries déterminées de couches répondant à une époque dans l'histoire du globe (2).

Werner fit une application ingénieuse de ces idées; il est seulement à regretter qu'il n'ait pas eu davantage le goût des voyages, et qu'il ait ainsi fondé son système simplement sur la constitution géologique de l'Allemagne centrale. D'un autre côté, il se laissa trop entraîner par son antipathie pour les doctrines volcaniques, ce qui fût la cause peut-être qu'il négligea entièrement les classements proposés par Arduino dès 1759 (3).

Ce dernier, grand géologue, a vécu dans un pays si classique et a observé avec tant de sagacité que ses écrits sont presque complément à l'ordre du jour. C'est le premier auteur qui ait distingué les quatre sols primitif, secondaire, tertiaire et alluvial (*Raccolta*, etc., p. 109 à 114, et p. 143), et, ce qui est fort remarquable, il ne se contente pas de fonder ses divisions sur les superpositions, mais il appuye encore, d'un côté, sur l'origine ignée du sol primitif et l'origine neptunienne des autres couches, et, de l'autre, sur les différences pa-

---

(1) *Versuch e. Geschichte von Floetz Geburgen*, etc., 1756, in-8°, p. 99, 111, 120, 132 et surtout p. 162 à 186.

(2) Voyez son mémoire remarquable dans les *Acta Acad. electoral. moguntin*, Erfurt, 1762, vol. 2, p. 44 à 209, et *J. de géol.*, vol. 2, p. 192.

(3) Lettre à Leske (*Nuovo Giornale d'Italia*, et réimprimé à Venise, 1782, p. 32 à 36).

léontologiques présentées par ces dernières. Ainsi, si le sol primitif est pour lui sans fossiles, des êtres marins inconnus et connus ont laissé leurs dépouilles dans le sol secondaire, tandis que les terrains tertiaires abondent en pétrifications de tous genres et à caractères récents (*dito* p. 112, 125, 141). Les espèces fossiles, dit-il, varient le plus souvent d'une couche à une autre (p. 138 et 183). S'il n'avait pas adopté l'idée des formations, il y suppléait au moyen de ces grandes époques sous-divisées en classes, en séries et en ordres (p. 134). De plus il expose des idées fort rationnelles sur l'origine sous-marine des roches basaltiques en filons et en coulées, ainsi que les théories des altérations ignées, de la dolomisation (1) et des soulèvements avec affaissements (p. 200). Enfin il parle positivement de granites postérieurs aux schistes du Tyrol et d'autres pays (p. 164), et de la serpentine sur des roches semblables en Toscane (p. 12). En 1772, Ferber a avancé la même opinion pour la serpentine de l'Impruneta près de Florence.

Après avoir revu la série des dépôts secondaires, depuis le terrain houiller jusqu'au muschelkalk, Werner ne vit pas la possibilité de débrouiller les parties supérieures du sol secondaire, parce qu'il n'avait visité ni la Westphalie, ni le sud-ouest de l'Allemagne. Par la même raison il confondit le sol tertiaire avec les alluvions, et laissa à Monnet l'honneur de séparer les roches tertiaires de la France septentrionale d'avec les dépôts d'alluvion (Voyez son *Atlas minéralogique de la France et ses coupes*), et à M. Alex. Brongniart le mérite de l'établissement définitif du sol tertiaire.

---

(1) Voyez *Giornale d'Italia* de Grisèlini, et *Raccolta di memorie*, etc., d'Arduino. Venise, 1775, p. 99 à 201.

D'une autre part, si les observations de Werner étaient trop restreintes pour les terrains récents, il porta un jour nouveau dans le classement des roches anciennes. Non content de distinguer dans le sol primordial des terrains de granite, de gneiss, de micaschiste, de schiste argileux avec leurs couches subordonnées et divers accidents, il établit sous le nom de sol intermédiaire, une nouvelle grande division, qui devait comprendre toutes les masses placées entre le schiste argileux et le terrain houiller. Or, malheureusement cette dernière innovation a retardé autant qu'avancé la science.

Au lieu de fonder simplement son système sur les superpositions et la continuité des masses, Werner voulut aussi le lier, d'un côté, à la science paléontologique, et, de l'autre, à la géogénie et à la cosmogénie mosaïque. Or, lors de l'entrée de Werner dans la carrière des sciences, la chimie était encore fort peu avancée, la chimie pneumatique et atomique n'est venue que plus tard, et même il paraîtrait que Werner n'avait de la chimie, comme de l'histoire naturelle, que des notions trop générales; donc on ne doit pas être étonné de le voir adopter souvent des théories chimiques, qu'on peut taxer aujourd'hui d'absurdes, sans faire pour cela tort au mérite de cet homme célèbre. Son fluide chaotique, ses dépôts par la voie aqueuse de roches, que la voie ignée seule est capable de produire et produit encore, etc., sont de ces idées qu'on ne comprend pas que des chimiste habiles ayent pu prendre sous leur égide, surtout en présence de savants et de voyageurs distingués (1),

(1) Voyez, par exemple, Mémoire des basaltes de la Saxe, par M. D'Aubuisson, 1803, la réponse de Murray à l'exposé de la théorie huttonienne, par Playfair, trad. franç., par Basset. Paris, 1815, etc.

tels que Pallas, Dolomieu, De Saussure, etc. Du reste, Deluc, Patrin, De la Métherie, Faujas et bien d'autres, sont tombés dans des erreurs chimiques ou physiques presque aussi grossières.

La cosmogonie mosaïque avait été mêlée à toutes les géologies ou géogonies. Werner ne pouvait échapper à cette influence de l'éducation chrétienne, influence qui s'est perpétuée jusqu'à nous et nous survivra probablement. Cependant, pour l'homme qui réfléchit et sait la logique, il est évident que les récits de Moïse n'ont rien à faire avec les sciences, ou bien que toutes ces dernières doivent se régler sur les idées scientifiques émises dans la Bible. Il n'y a pas là de juste-milieu ni de biais à prendre, tout ou rien. Ainsi, pourquoi entacher notre science de cette manie de faire concorder ses dogmes avec ce qui n'est qu'un hors-d'œuvre dans un ouvrage religieux, tandis qu'il n'est jamais question des idées de Moïse, d'Aaron, de Josué, de Daniel, de Jonas, ou d'autres savants hébreux dans les traités d'astronomie, de physique ou de chimie. C'est une véritable curiosité d'archéologue ou de chanoine désœuvré, qui n'aboutit à rien qu'à produire des masses de commentaires, qui étonneraient bien les auteurs de la Bible, s'ils pouvaient revivre. C'est une brancke ingrate d'étude qui nous a été léguée par le moyen-âge, et dont il est grandement temps de purger la géologie, car, mère de la plupart des systèmes, elle est en bonne partie la cause du ridicule jeté jadis sur cette science.

Lorsque des idées rationnelles de géologie seront entrées dans l'éducation de tout le clergé chrétien, ce dernier reconnaîtra lui-même le danger de ce mélange du profane et du sacré, et l'opportunité de mettre un terme à ces rêves creux ou à ces charlataneries d'intrigants, qui sous le voile de la dévotion, n'aspirent qu'aux richesses

et aux honneurs. Je le répète, dans un traité de géologie, il ne doit pas être davantage question de la Bible que dans les exposés d'une science ou d'un art quelconque.

Toute géologie devait donc concorder avec l'ordre des six jours de la création et le déluge. Or, Werner voyant les roches secondaires et tertiaires pétries de coquillages marins, le sol intermédiaire très peu riche en fossiles, et ne croyant pas observer de pétrifications dans le sol primaire, il prit ces différences paléontologiques comme caractère de ces grandes divisions, et il arrangea tant bien que mal le déluge avec sa formation des alluvions.

Si Werner avait été plus versé dans les détails de l'histoire naturelle, il n'aurait pas manqué de profiter davantage des distinctions que Buffon et Blumenbach avaient établies entre les pétrifications provenant d'organisations perdues et de végétaux ou d'êtres vivants encore dans le pays ou seulement entre les tropiques. En 1779, Blumenbach surtout avait entrevu tout l'avantage que la géogénie pouvait tirer de la paléontologie, et ce respectable vieillard a ouvert le champ d'observation que Cuvier a parcouru ensuite avec tant d'éclat (1).

Il est encore surprenant que les dépôts terrestres et d'eau douce aient échappé à Werner, puisque Fuchsel, et plus tard, en 1789, le comte Razoumowski et Voigt, en avaient fait mention.

A présent on sait que le sol primaire contient quelquefois des fossiles, et que les pétrifications de la

(1) Voyez *Zeitsch. f. Mineral.*, 1826, p. 313, et un mémoire curieux sur l'emploi de la paléontologie en géologie, par de Born (*Abh. d. bohm. Privatgesellsch.*, vol. 4, p. 305 à 312, 1779).

série des terrains intermédiaires et secondaires ne présentent point de haut en bas cette progression décroissante en genres, en familles et en ordres, que Werner et ses continuateurs avaient imaginé. Du moins, les contrastes entre les créations de diverses époques, tendent à s'établir d'une toute autre manière. S'il y a pour les fossiles une progression croissante de bas en haut, elle a lieu bien plutôt pour les espèces que pour les genres, et surtout que pour les familles et les ordres.

Si Werner n'aimait pas les voyages, personne mieux que lui ne savait stimuler le zèle de ses auditeurs pour des recherches lointaines; or il arriva que cherchant à appliquer partout le classement de leur maître, ses disciples y signalèrent plusieurs anomalies. MM. de Buch et Hausmann vinrent ainsi signaler au milieu du sol intermédiaire à fossiles des roches de cristallisation ignée, mais réputées primaires par Werner. Cette indication fut suivi d'autres exemples semblables en Saxe, en Écosse, etc., mais bientôt on s'aperçut que des terrains intermédiaires incontestables, à cause de leurs pétrifications, alternaient avec des schistes argileux et des schistes cristallins primaires. Il fallut donc admettre deux formations d'ardoises et deux différents dépôts de roches cristallines, tant massives que schisteuses, l'un primaire, l'autre intermédiaire. Tous les géologues ont donné leur assentiment à ce nouveau classement, mais un petit nombre paraît en avoir compris la portée; en effet, lors même qu'on a reconnu enfin que toutes les roches cristallines massives sont dues à des éruptions ignées qui ont pu avoir lieu et ont eu lieu à toutes les époques, on n'a pas voulu toujours avouer que les schistes cristallins de transition ne sont que des roches intermédiaires modifiées par le voisinage des masses plutoniques ou par des actions volcaniques.

L'incrédulité a plutôt augmenté que diminué quand on a découvert plus tard que des couches secondaires moyennes avaient subi quelquefois des modifications analogues, et qu'un de ces terrains demi-sédimentaire, demi-schisteux cristallin, et décrit comme intermédiaire, n'était qu'un exemple de ce dernier genre (1).

Enfin on a crié à l'hérésie complète lorsque quelques personnes sont venues parler de schistes cristallins intercallés dans des couches secondaires récentes, et alternant positivement avec des roches où les coquilles, n'ont été que peu ou point altérées. Quant à la formation de schistes cristallins pendant l'époque tertiaire ou alluviale, on a trouvé plus court de déclarer que c'était impossible.

Cependant, en considérant attentivement ces diverses phases dans les opinions géologiques, un observateur impartial ne peut s'empêcher de reconnaître qu'on est presque revenu aux idées anciennes, car d'un côté on a des couches stratifiées percées, çà et là, par des masses d'éruption, et de l'autre des schistes cristallins, or, les premiers dépôts constituaient le sol secondaire des anciens géologues, et les derniers étaient leur sol primordial ou à filons métallifères.

Maintenant il me semble infiniment plus rationnel d'adopter un classement analogue, en mettant de prime abord hors de ligne, les schistes cristallins aussi bien

(1) Voyez les Mémoires sur la Tarentaise et sur le Montblanc, par M. Brochant (*J. des Mines*, nº 137, p. 321, 1808, et *Ann. des Mines*, Vol. 4. p. 242). *Travels in the Tarentaise*, par M. Backwell et *Mém. sur les Alpes*, par M. Buckland (*Annals of phil.*, juin, 1821, p. 450, et *J. de Phys.*, 1822). Divers écrits de M. Marzari (*Gazette de Venise*, nº 113 et 127, ses lettres à MM. Cordier et Dembsher, 1823, et son *Quadro delle formazioni*, etc. 1825, 1 feuille.)

que les roches massives ; si les dernières peuvent s'être fait jour partout, les premières ont pu être produites par des altérations ignées à toutes les époques. En conséquence, quand il s'agit d'indiquer sur une carte géologique des schistes cristallins, une certaine couleur leur sera attribuée comme aux roches massives, et on se contentera de distinguer par des hachures diverses les époques différentes, auxquelles on pourra attribuer la formation des produits cristallins. Cette méthode est bien préférable à celle de les colorier comme des roches sédimentaires, c'est confondre évidemment deux ordres de choses.

Certains savants regardent les schistes cristallins comme des matières ignées, produites par le premier refroidissement de l'écorce fluide du globe, et ils pensent que cette opération se continue encore à une grande profondeur. Suivent eux, l'intérieur du globe est encore dans un état pâteux, et le mouvement de cette masse ignée produit des soulèvements et des fendillements, qui font affleurer les schistes cristallins à la surface du globe. Or, comment peut-on appliquer cette idée aux amas de schistes cristallins, à fossiles ou à couches subordonnées coquillières; et si on adopte notre manière de voir où sera, dans certains cas, la limite entre les masses dont la formation s'expliquerait d'une manière, et celles qui auraient eu une autre origine ?

Ce principe de classement une fois admis, je ne trouve plus rien à changer aux divisions des dépôts en *sol alluvial, tertiaire* et *secondaire*; mais, je proposerai d'attribuer exclusivement le nom de *sol primaire* à ce grand ensemble des plus anciens dépôts, qui ont précédé le sol secondaire et ont été modifiés très souvent en schistes cristallins, en raison de leur position et de leur âge.

Le nom de *primaire* ne peut décidément plus rester aux

schistes cristallins, car si on l'appliquait à ces roches à cause de leur structure, on aurait donc des roches primaires appartenant, les unes au système crayeux, les autres au système jurassique, d'autres au système liasique, d'autres au système secondaire inférieur ou à différents étages du sol, appelé jusqu'ici intermédiaire. La substitution du nom de schistes crystallins indiquant la nature de ces roches, fait éviter une dénomination, dont le sens est devenu absurde et qu'on ne peut pas même conserver pour les schistes cristallins les plus anciennement formés, puisqu'il règne à cet égard une obscurité complète.

Les quatre sols ou les quatre grandes classes de terrains adoptés, il ne s'agit plus que d'y établir des sous-divisions en harmonie, non pas avec un petit coin du globe, mais applicables autant que possible à toute sa surface. Ainsi, ce n'est ni sur les séries des terrains de l'Allemagne, ni sur celles de l'Angleterre que j'établirai mes grandes formations, mais je m'efforcerai de voir les choses sur une échelle un peu moins rétrécie, en tâchant de partager le globe en grandes zones, et en réservant pour les détails locaux, de bassins et de contrées, les subdivisions présentées par mes devanciers.

Toutes les contrées connues ou visitées présentent des *dépôts d'alluvions*; or, ils sont de date ancienne ou moderne, il faut donc en faire deux formations, et spécifier en même temps quels sont les pays qui ne présentent que l'une ou l'autre. Il est clair que certaines îles volcaniques récemment formées, certains continents émergés pendant l'époque alluviale, ne devront être couverts que d'alluvions récentes. D'une autre part, il est tel pays où les alluvions anciennes ou modernes offriront des traînées de blocs, qui manqueront dans une autre. Dans l'un, un soulèvement aura produit des débâcles et la dispersion des blocs, dans l'autre un tel phé-

nomène n'aura pas eu lieu; on ne peut donc pas, en bonne logique, faire des blocs erratiques une formation générale, ce n'est qu'un accident, un dépôt local subordonné à une formation.

En réunissant les observations faites jusqu'ici sur le *sol tertiaire* de divers continents et sous différentes zones terrestres, et en élaguant les accidents ou dépôts locaux, on y reconnaît évidemment deux formations, l'une inférieure, l'autre supérieure. C'est le cas, autour de Londres, de Paris, de Bordeaux, comme sur les deux revers des Alpes, dans la zone méditerranéenne, etc.

D'un autre côté, il est bien établi aujourd'hui que les masses composant ces deux formations, dans ces diverses contrées, n'offrent pas toujours d'identité ou de similitude minéralogique et paléontologique, accident qui est le résultat de plusieurs causes.

D'abord les dépôts tertiaires ont eu lieu dans des bassins assez bien séparés, dans de très grands golfes, ou, si l'on veut, dans des mers à contours plus découpés que ceux des mers secondaires, il en est résulté plus de diversité dans la composition. Cette différence a dû être favorisée particulièrement par l'augmentation que le nombre d'espèces de plantes et d'animaux a subi pendant l'époque dont je m'occupe.

Ensuite les couches tertiaires se sont déposées sous des zones très différentes, puisque les données géologiques tendent à faire croire que l'uniformité de température a diminué des temps anciens aux temps modernes; or, cette circonstance aura dû influer sur leurs roches et leurs fossiles. De plus, remplissant des cavités ou étant des dépôts littoraux, il a pu se faire que les surfaces, maintenant recouvertes de roches tertiaires, n'ont été immergées que l'une après l'autre, ou du moins que l'immersion a été retardée pour quelques-unes.

Enfin on peut supposer dans un bassin le dépôt d'une formation tertiaire, ou bien seulement un terrain tertiaire parallèle par la position aux couches d'un autre bassin, sans que pour cela ces séries de dépôts aient été formées en même temps. Il y aurait parallélisme géognostique, mais non synchronisme de temps. Or, si cette considération est fondée, elle aura dû nécessairement diversifier beaucoup et de toute manière les dépôts tertiaires et on pourrait même trouver à l'appliquer à certaines anomalies des formations secondaires, telles que ces craies à fossiles tertiaires, et ces couches alpines voisines du lias, et à plantes des houillères anciennes.

Les bassins tertiaires de l'Europe offrent les uns une formation dite parisienne, les autres une formation dite subapennine, tandis que quelques-uns semblent réunir les deux formations au moyen d'une espèce de terrain intermédiaire. Dans l'extrémité nord-ouest de l'Europe prédomine la formation parisienne, à l'exclusion presque complète de celle appelée subapennine, tandis qu'elle disparaît presque dans toute la zone méditerranéenne tertiaire occupée par la formation subapennine. Quant au terrain intermédiaire, la géologie de superposition le limite à la France centrale et méridionale et au Piémont; mais la paléontologie géologique y voudrait annexer des portions des bassins tertiaires au nord des Alpes et des Carpathes orientales.

En nous portant de l'Europe sur le littoral de l'Afrique septentrionale, dans le désert de Sahara, dans la région caucasique, dans l'Asie centrale, la Perse et l'Arabie, et même dans la Chine méridionale, l'Indostan et son archipel, nous ne trouvons indiquée jusqu'ici que la formation subapennine. Ce sont ces sables supérieurs qui forment la plupart des déserts de l'ancien monde.

Cette dernière formation s'étendrait donc dans l'an-

cien continent environ depuis le 50° de latitude nord jusqu'au-delà de l'équateur; mais sa limite boréale s'abaisserait en France environ jusqu'au 45° ou 46° de latitude. La formation parisienne serait circonscrite en Europe à peu près entre le 44° et 53° de latitude, et plus au nord, les dépôts tertiaires manqueraient presque complètement.

Dans le nouveau continent, tout ce qu'on connaît des dépôts tertiaires dans la Colombie, le Mexique et les Antilles se rapporte à la formation subapennine, qui se prolonge peut-être même dans la partie tout-à-fait sud des États-Unis de l'Amérique. Les observations les plus récentes faites dans cette vaste république nous présentent une répétition de la distribution des formations tertiaires en Europe; savoir dans le nord, la formation parisienne, s'étendant environ du 41 au 35°, et descendant donc plus au midi que dans l'ancien continent, ce qui est assez singulier quand on se rappelle que les lignes des températures isothermes en Europe et dans les États-Unis présentent une semblable analogie. Depuis le 35° jusques vers le golfe du Mexique, on signale surtout un terrain coquillier qui semblerait bien plutôt se rapprocher du terrain intermédiaire signalé en Europe que de la formation parisienne, comme le voudrait M. Lea (1).

Dans l'Amérique boréale, les dépôts tertiaires n'ont point été reconnus jusqu'ici, à l'exception de quelques argiles à lignites qu'on revoit aussi dans la partie arctique de l'ancien continent. Néanmoins il est évident que

---

(1) Voyez ses *Contributions to geology*, Philadelphie, 1833, in-8° avec pl., la Conchiliologie fossile et les Mémoires de M. Conrad, dans l'*Americ. J. of Sc.*, etc.

dans les deux hémisphères, la formation tertiaire inférieure s'étendait une fois plus au nord qu'on la trouve aujourd'hui, mais qu'elle a souffert des destructions immenses dont la place est marquée aujourd'hui par des mers, remplies de bas-fonds et de bancs de sable, savoir : une partie de la mer d'Allemagne en Europe, et la portion de l'Atlantique baignant les parties septentrionales des États-Unis et le Canada méridional.

Nous n'avons encore que fort peu de données sur les dépôts tertiaires de l'hémisphère austral; néanmoins le caractère subapennin bien plus que le type parisien paraît ressortir de ce que les voyageurs nous ont appris sur ceux du Paraguay, de la Bande Orientale, de la république de Buenos-Ayres, de la Patagonie et du Chili.

Il en est encore de même pour ceux de la Nouvelle-Hollande, tandis que les dépôts récents de l'Océanie servent de chaînons entre la formation subapennine et celle de l'époque actuelle.

Il me semble ressortir de ces faits que les formations parisienne, subapennine et intermédiaire sont des dépôts dont les caractères minéralogiques et paléontologiques dépendent bien plus de la place ou de la zone où ils ont été formés que de l'époque de leur formation. Chacune de ces séries de couches s'exclut, pour ainsi dire, ou si deux se trouvent réunies, l'une des deux est la dominante et l'autre, pour ainsi dire, l'exception, et c'est dans les contrées du terrain intermédiaire, et placées réellement entre la zone parisienne et la zone subapennine où ces réunions sont le mieux exposées. Pour expliquer ces superpositions, il s'agit tout simplement de suivre le même raisonnement que pour les dépôts plus anciens, c'est-à-dire de voir la mer formant des couches dans un point, puis dans un autre, ou bien on peut avoir recours au non-synchronisme en temps des mêmes

dépôts géognostiques; de cette manière, des fossiles différents auraient pu être empâtés dans des roches semblablement situées dans des bassins séparés, tandis qu'ailleurs ces groupes de fossiles se seraient placés l'un sur l'autre.

Ainsi, supposant dans un bassin trois dépôts A, B, C, à caractères minéralogiques et paléontologiques particuliers, si dans un autre bassin, trois dépôts *a*, *b*, *c*, n'avaient commencé à se déposer qu'à l'époque du dépôt B de l'autre bassin, il est évident que B et *a*, C et *b* pourraient présenter les mêmes fossiles; mais ceux de *c* n'existeraient pas dans le premier bassin, puisqu'après C il ne s'y serait plus rien formé, et ainsi de suite. Or c'est ce que semblent nous apprendre les observations des géologues et des paléontologues.

La formation parisienne a eu lieu dans le nord-ouest de l'Europe à une époque où certains dépôts crétacés supérieurs se formaient dans la zone méditerranéenne, puis a commencé l'époque subapennine à laquelle a préludé le terrain intermédiaire, qui est venu se placer dans le bassin de la Loire et du sud-ouest de la France sur la formation parisienne, et ces dépôts subapennins ont eu une distribution toute aussi particulière et locale que la formation parisienne. C'est encore là une de ces déductions de la nouvelle géologie, qui expliquerait pourquoi certaines séries de couches dites crétacées empâtent des fossiles parisiens, et ressemblent même quelquefois minéralogiquement aux roches tertiaires.

Maintenant prenant en Afrique ou en Asie, par exemple, un bassin subapennin, et le comparant à un bassin du nord-ouest de l'Europe, le géologue s'en tenant aux superpositions, pourrait dire que les dépôts tertiaires ont commencé en Afrique ou en Asie par la formation suabpennine, et en Europe par la formation

parisienne. Mais lorsqu'on voudrait établir la chronologie des époques de formation et non le parallélisme des superpositions, on rentrerait nécessairement dans les idées géogéniques des paléontologues. N'oublions pas que ces dernières n'ont d'intérêt que pour le philosophe, tandis que les autres sont des données positives pour le mineur, et peuvent avoir les influences les plus heureuses sur les richesses et la civilisation d'un pays. Les unes sont de la géogénie pure, les autres de la géologie.

Quant à cette idée de faire émerger pendant l'époque parisienne toutes les contrées couvertes par la formation subapennine, puis immerger ces dernières lors de l'émersion des pays couverts de dépôts parisiens, elle ne paraîtra guère admissible pour ceux qui connaissaient et la distribution des bassins tertiaires sur le globe et l'étendue immense des contrées subapennines. Ainsi par exemple, pendant que le calcaire grossier parisien se formait et à Paris et dans le Veronois; le bassin du Rhin, celui de l'Autriche, et même ceux de tous les Apennins, d'Alger, etc., auraient été des continents. Plus tard le terrain parisien et le Veronois auraient été des terres fermes, et les autres contrées des mers; ce qui est une supposition impossible, puisque ces dernières ne laissent pas apercevoir une seule trace, un seul dépôt qui puisse appuyer une pareille hypothèse. Les bassins du Rhin, du Danube, des Apennins et la méditerrannée une fois formés, sont restés des cavités remplies d'eau. Il peut bien y avoir eu des immersions et des émersions locales même d'une certaine étendue; mais des phénomènes sur une telle échelle, comme on voudrait les supposer, auraient laissé certainement bien des vestiges, et produit bien des accidents.

On commence le *sol secondaire* tantôt par le grès houiller, tantôt par le système carbonifère du nord-

ouest de l'Europe. Je crois qu'il est plus prudent de tirer cette limite artificielle au grès houiller, parce que le système carbonifère n'est pas reconnu partout et peut même n'être qu'un terrain particulier à un bassin, tandis que les houillères se sont trouvées çà et là dans tous les continents; elles donnent un horizon assez sûr et paraissant en général un dépôt moitié terrestre, moitié fluviatile, elles séparent convenablement le sol secondaire du sol primaire.

Le sol secondaire peut se diviser en deux grandes formations, inférieurement surtout arénacée, supérieurement principalement calcaire; mais dans chaque zone, chaque bassin particulier, différents membres viennent à composer ces deux divisions (1). Ainsi dans le nord de l'Europe continentale, le trias, c'est-à-dire les terrains du grès bigarré, du muschelkalk et du keuper, sont suivis par le système jurassique et crétacé. Les îles Britanniques présentent une série semblable, si ce n'est que le muschelkalk manque et qu'il y a quelques sous-divisions particulières du système jurassique.

Dans ces portions de l'Europe, des éruptions porphyriques, arrivées pendant et après le dépôt du terrain houiller, ont donné lieu çà et là à la formation d'un agglomérat particulier, le *todteliegende*, tandis que le système jurassique est séparé du keuper par un dépôt littoral de limon calcaire et de sable, appelé le *lias*, qui

---

(1) Voyez à cet égard l'explication de mon *Tableau synoptique des formations de la croûte du globe* (*Edinb. phil. j.*, juillet 1825, *Zeitsch. f. Min.*, 1827, ou *Mém. de la Soc. linn. de Normandie*, in-4°, vol. 1, p. 1, 1829. Plusieurs géologues ont admis ces idées, par exemple, M. de la Bèche (*Annals of phil.*, 1828, ou *Annal. d. Sc. nat.*, vol. 17, p. 426).

devient dans la France méridionale un calcaire à bélemnites. Dans l'Europe centrale et en Angleterre, un autre dépôt calcaire littoral, le *zechstein*, vient se placer entre le trias et le grès houiller ou le grès rouge secondaire ; mais ce dépôt est si local qu'il ne se trouve que dans un ou deux points très limités de la France (Calvados et Autun), ou qu'il y paraît remplacé ailleurs par des agglomérats quarzeux du grès vosgien.

Dans les Alpes, et en général dans la zone méditerranéenne qui paraît s'étendre en Afrique et en Asie, au moins jusqu'au-delà du tropique du Cancer, le grès houiller est extrêmement rare; la formation calcaire supérieure du sol secondaire extraordinairement développée et la formation arénacée inférieure l'est comparativement fort peu. D'abord les points d'éruptions porphyriques sont les seuls où il y ait du trias (Tyrol méridional, Provence), tel qu'on le trouve dans l'Europe septentrionale; ailleurs il n'y en a vraiment que des représentants anomaux. Les deux dépôts littoraux du zechstein et surtout du lias disparaissent, et les systèmes jurassiques et crétacés acquièrent des puissances très considérables, sans présenter la plupart de ces subdivisions du nord-ouest de l'Europe.

Le contraste entre l'Europe alpine et méditerranéenne et le nord et nord-ouest de ce continent, indiquent pendant les époques secondaires récentes des intensités très différentes dans les phénomènes géogéniques; ce qui s'explique aisément en comparant les hautes chaînes de l'Europe méridionale et leurs immenses bouleversements avec les chaînes du nord et du nord-ouest de ce continent. Il y a eu dans le midi des éruptions immenses d'eaux minérales et des émanations gazeuses considérables; des mouvements répétés de bascule, et le soulèvement des masses à de grandes hauteurs y ont dû

produire une quantité énorme de débris, tandis que dans le reste de l'Europe des dépôts infiniment plus petits étaient le produit de phénomènes beaucoup moins grands.

Si ces considérations peuvent expliquer l'épaisseur des terrains secondaires supérieurs, l'absence des houillères et du sol secondaire inférieur indiquent qu'à l'époque de ces dépôts, la place de la région méditerranéenne était occupée, en très grande partie, par une mer profonde, et qu'il n'y avait des terres émergées ou des îles, qu'à son pourtour et non dans son milieu, comme, par exemple, dans l'Estramadure, sur la ligne des Alpes, dans le Balkan, etc. Ainsi il n'a pu s'y former de dépôts de végétaux terrestres, et s'il s'est déposé des couches pendant l'époque secondaire ancienne, elles sont enfouies à une grande profondeur ou ne ressortent que dans les points où la croûte terrestre a été fortement redressée. Une autre conséquence de la profondeur de cette antique mer méditerranée, a été la production de masses fort épaisses et presque sans fossiles. Les coquillages littoraux n'ont pu y exister que sur les bords dans les régions alpine, pyrénéenne, etc., et la plupart des pétrifications reconnues ailleurs sont pélagiques.

Si nous passons dans d'autres continents, comme dans l'Asie septentrionale, dans l'Indostan, la Chine, les Etats-Unis, le Mexique, la Colombie et le Pérou, nous retrouvons partout nos deux grandes formations du sol secondaire, mais naturellement avec des sous-divisions ou des terrains particuliers. Ainsi, en Sibérie, le trias et le système jurassique paraissent seuls reconnaissables. Entre la mer Caspienne et le Caucase indien, on croirait presque qu'il y a un dépôt littoral semblable au lias. Dans l'Indostan le grès houiller est bien surmonté d'un trias sans muschelkalk, et peut-être d'un représentant

du lias, mais le système jurassique et crayeux n'y a pas été reconnu, tandis qu'il se retrouve dans les sommités de l'Hymalaya, sous les mêmes formes que dans les Alpes.

En Chine existent le grès houiller, le trias, le système jurassique et probablement le système crétacé.

Aux Etats-Unis, le grès houiller lié, comme dans le nord-ouest de l'Europe, au système carbonifère, n'est guère recouvert de trias sans muschelkalk, que dans le grand bassin entre les Alléghanys et les montagnes rocheuses qui sont composées de schistes cristallins, de diorite, etc. Rarement un dépôt littoral semblable au zechstein y rappelle ces schistes calcaires des houillères du Palatinat et de l'Ecosse.

D'une autre part, le système crétacé atlantique des Etats-Unis ne paraît séparé que çà et là de schistes cristallins par des roches jurassiques, tandis que dans le bassin du Mississipi, la Louisiane, etc., la formation calcaire secondaire récente semblerait occuper beaucoup de place.

Dans le Mexique on n'a reconnu jusqu'ici que des dépôts secondaires arénacés inférieurs probablement répondant au trias et au grès rouge secondaire; on y a indiqué aussi le système jurassique et peut-être sur le côté regardant la mer pacifique un système arénacéo-crétacé semblable à celui de l'Europe méditerranéenne.

En Colombie et au Pérou, les descriptions de MM. Humboldt, Boussingault et Rivero, indiquent le trias sans le muschelkalk, mais çà et là avec le grès rouge secondaire et le terrain houiller, puis le système jurassique des Alpes et probablement aussi le système crétacé, qui comprendrait en même temps certains calcaires des grandes Antilles, tels que ceux de l'île de Cuba et de la Jamaïque.

Je pense que ces exemples suffisent pour démontrer que mes grandes divisions sont réellement générales.

Tout le monde est d'accord de terminer le sol secondaire par le *système crétacé*. Cela provient de ce que jusqu'ici c'est la seule formation qui se trouve dans tous les pays examinés en stratification transgressive ou discordante avec celle qui la suit. D'un autre côté, les nouvelles observations semblent tendre à remplir cet espèce de hiatus géologique. Des soulèvements de chaînes et, par suite, des débâcles, ont, dans le nord, le nord-ouest et le sud-ouest de l'Europe, balayé et démolli les assises supérieures de la craie. Cela paraît positif, mais d'autres continents auront pu échapper à ces dévastations, et alors les dépôts crétacés et tertiaires se trouvant en stratification concordante, leurs limites seront aussi difficiles à poser que celles entre le sol secondaire et le système carbonifère des Anglais. Si réellement sur tout le globe le sol secondaire était en stratification transgressive ou discordante avec le sol tertiaire, cela indiquerait l'époque du plus grand bouleversement que notre planète aurait éprouvé.

Dans les Alpes du Salzbourg, MM. Murchison et Sedgwick ont cru pouvoir établir, par les fossiles, un passage de la craie au sol tertiaire, je suis fâché d'être obligé de persister, avec M. Deshayes, à ne pas admettre cette proposition.

Dans tous les pays et toutes les grandes chaînes du globe, le *sol primaire* (intermédiaire des auteurs) peut se diviser en deux grandes formations. Une étude plus approfondie y fera peut-être un jour reconnaître quatre formations, comme c'est déjà le cas pour le nord-ouest de l'Europe, y compris la Scandinavie.

La formation carbonifère avec le *grès pourpré* ou le *vieux grès rouge* (*oldred sandstone*) forme l'étage supé-

rieur, et il y a, en outre, deux formations mal limitées et composées de schistes, de grès, d'agglomérats et de calcaires. Plus les couches deviennent anciennes, moins il y a de calcaires, plus les couches de ce genre perdent de leur puissance. Le sol primaire d'Angleterre a paru à M. Murchison présenter quatre divisions, qui forment son système silurien.

Dans l'Europe centrale et méridionale, partout le sol primaire se partage au moins en deux grandes formations, il en est de même dans l'Asie septentrionale.

Dans le Canada, dans la partie septentrionale des Etats-Unis, on retrouve les trois divisions du nord-ouest de l'Europe. Dans le Mexique, le Pérou, la république de Bolivia et le Chili, on peut au moins déjà à présent en reconnaître deux.

Quant aux *roches massives* et aux *schistes cristallins*, leur différente nature minéralogique donne lieu à autant de sections dans lesquelles on est appelé à spécifier les différentes époques de formation de chacune d'entre elles et les accidents qu'elles ont produits.

§ I. Terrains.

Un terrain est en petit une formation, ainsi la formation ou l'époque du trias comprend en Allemagne les terrains de grès bigarré, de muschelkalk et de keuper. Les terrains d'une formation doivent être étudiés dans les points où ils sont le plus développés et où ils offrent le plus d'accidents, mais il ne faut jamais confondre ces derniers avec la masse principale et vouloir retrouver dans la même formation de différents pays tous les mêmes terrains. L'absence d'un membre ou de quelques membres d'un terrain est une chose très fréquente.

La détermination des terrains est quelquefois très-importante, on peut acquérir ainsi des notions sur des

masses cachées tout-à-fait sous le sol, d'autres fois la fertilité, la facilité des voies de communication, et la civilisation d'un pays peuvent dépendre d'un terrain.

Différence d'un terrain d'avec un dépôt. Voit-on le terrain placé indifféremment sur plusieurs séries diverses de couches anciennes? Le terrain se lie-t-il en même temps avec les roches qui le recouvrent?

Manière dont commence un terrain. Voit-on certains dépôts former des couches subordonnées dans un terrain avant qu'elles ne viennent à composer le terrain superposé?

Développement des membres composant un terrain. Combien de roches composent le terrain? En trouve-t-on un certain nombre en bancs réguliers et étendus même dans les points où les membres d'un terrain sont irrégulièrement développés et sujets à beaucoup d'alternatives? Ou bien, une roche domine-t-elle toujours de manière à caractériser suffisamment un terrain et à remplacer ses autres roches?

Etendue. Un terrain occupe-t-il un vaste espace, ou est-il restreint à certains points, et conserve t-il néanmoins partout les caractères d'une même série de dépôts? Est-ce une suite régulière de couches, ou est-ce un terrain à bancs, ou à amas fréquents, ou même à interruptions produites par des proéminences de roches anciennes? Son étendue est-elle distincte partout, ou bien les limites de ses parties sont-elles rendues obscures par des passages trompeurs entre les membres du terrain et d'autres roches?

Les portions d'un même terrain composent-elles une espèce de zone brisée dans la direction principale d'une chaîne? ou sont-elles plutôt placées sur des groupes isolés de couches? Quel est le rapport de l'étendue et de la puissance de pareilles zones? Continuent-elles sans inter-

TABLEAU SYNOPTIQUE DES FORMATIONS ET DES TERRAINS.

TYPES GÉOLOGIQUES

De la zone polaire arctique et de la partie septentrionale de la zone tempérée boréale,

DANS L'ANCIEN ET LE NOUVEAU MONDE.

DÉPOTS STRATIFIÉS OU NEPTUNIENS.	DÉPOTS MASSIFS OU IGNÉS.	DÉPOTS MODIFIÉS PLUS OU MOINS PAR L'ACTION PLUTONIQUE.
I. SOL PRIMAIRE. (Syn. Sol intermédiaire des auteurs). 1. *Formation primaire ancienne.* 2. *Formation des Grauwackes.* Angleterre. | Flags de Llandeilo. Grès de Caradoc. 3. *Formation des roches de Ludlow et de Dudley.* N. O. de l'Europe et Amérique septentrionale. | Reste de l'Europe septent. ou centrale.	Granite. Siénite. Diorite. Porphyre. Serpentine. Euphotide. Selagite. } En filons, filons-couches, culots et grands amas. Trapp. Basalte. } En culots et filons.	Leptinite. Gneiss quelquefois à cailloux roulés. Micaschiste. Talcschiste. Quarzite. Itabirite. Hornfels. Roche de Schorl. Schiste maclifère. Macline. Grès quarzo-talqueux. Calcaire grenu. Dolomie. Gypse. Nids et filons métallifères. Anthracite changé en graphite.
4. *Formation du grès pourpré et du calcaire carbonifère.* | Grès et Grauwackes. Dépôts accidentels de delta dans certains lieux. | (F. mal étudiée).	Serpentine en filons. Porphyre. Trapp. } En filons, filons couches et culots.	Gneiss. Talcschiste. Schiste d'actinote. Quarzite. Marne devenue jaspoïde. Houille changée en graphite bacillaire.
II. SOL SECONDAIRE. 1. *Formation arenacée inférieure.* Terrain houiller. Terrain de grès rouge. { Dans les contrées où il y a eu des irruptions porphyriques. Accident local, T. de Zechstein (Angleterre et Allem. sept.).	Granite en amas. Porphyre. Trapp. Basalte. } En filons, filons-couches, et amas.	Gneiss graphiteux. Micaschiste. Quarzite. Nids et filons métallifères. Grès devenus jaspoïdes. Houille changée en anthracite, etc.
2. *Formation du Trias.* Europe occidentale. | Europe centrale. Grès bigarré ou red Marl. | T. du grès bigarré. T. du Muschelkalk. T. du Keuper.	Trapp. Basalte. } En filons et amas.	Grès et marnes frittés ou devenus jaspoïdes, etc. Gypse. Sel. Divers minéraux et minérais.
3. *Formation jurassique.* Terrain du Lias. Grès du Lias. Terrain jurassique inférieur. Oolites { inférieures. moyennes.	{ Siénite en amas. Sélagite. Diorite. } En filons et en amas. { Trapp. Basalte. } En filons et amas.	Gneiss. Talcschiste. Gypse. Arkoses métallifères. Lias devenu jaspoïde et cependant coquillier (Portrush). Lias devenu un marbre saccharoïde (Ile de Sky).
Terrain jurassique supérieur. Marnes oxfordiennes. Chailles. Calcaire corallien (Coral rag). Argiles de Kimmeridge. Calcaire portlandien.	Basalte. } En filons et culots.	Roches modifiées (Wurtemberg).
4. *Formation crétacée.* Terrain de grès vert. Dépôts de delta çà et là (Weald). Terrain de craie. { Verte. Tufau. Blanche. Craie supérieure ou de Maëstricht (rare).	Granites. Trachytes en amas. Basaltes en nappes et en filons.	Craie changée en marbre nuagé ou calcaire grenu (Islande).
III. SOL TERTIAIRE. 1. *Formation tertiaire inférieure ou parisienne.* Dépôts accidentels fluviatiles et lacustres. Lignite, gypse, etc. 2. *Formation tertiaire supérieure ou subapennine.* Terrain tertiaire moyen (moins d'accidents d'eau douce). Gypse çà et là. Terrain tertiaire supérieur (peu développé ou détruit).	Dépôts trachytiques et basaltiques; çà et là, alternats de ces produits ignés, remaniés avec les couches neptuniennes.	Argiles endurcies. Jayet devenu de l'anthracite bacillaire, etc. Gypse.
IV. SOL ALLUVIAL. Alluvions anciennes. Alluvions modernes.	Volcans éteints. Volcans brûlants ou éteints. Eaux minérales.	Roches altérées près des volcans.

TYPES GÉOLOGIQUES

De la partie méridionale de la zone tempérée boréale et d'une portion de la zone torride,

DANS L'ANCIEN MONDE.

DÉPOTS STRATIFIÉS OU NEPTUNIENS.	DÉPOTS MASSIFS OU IGNÉS.	DÉPOTS MODIFIÉS PLUS OU MOINS PAR L'ACTION PLUTONIQUE.
Formation primaire ancienne. *Formation des Grauwackes.*	Granite. Siénite. Diorite. Porphyre. Serpentine. Euphotide. Sélagite. } En filons, filons-couches, culots et grands amas. Basalte en culots et filons.	Leptinite. Gneiss. Micaschiste. Talcschiste. Quarzite. Hornfels. Roche de Schorl. Schiste maclifère. Grès quarzo-talqueux. Calcaire grenu. Dolomie. Gypse. Nids et filons métallifères.
Formation de grès et de calcaire à Productus, etc.	Siénite. Trapp. } En filons et amas.	Talcschiste quarzeux. Quarzite.
Formation d'agglomérat ou de grès rouge, de marne et de calcaire compacte. Le grès rouge véritable n'existe que dans le petit nombre de lieux où il y a eu des éruptions porphyriques, et alors on y trouve aussi quelquefois le zechstein et surtout le trias (le Tessin, Tyrol méridional, Vicentin).	Granite en amas. Porphyre (rare) en amas. Trapp. Porphyre pyroxénique. Basalte. } En filons, filons-couches et amas.	Gneiss talqueux. Micaschiste. Talcschiste. Quarzite. Grès quarzo-talqueux. Calcaire grenu ou compacte, modifié, quelquefois à fossiles. Gypse quelquefois salifère. Minerais.
Formation jurassique. Calcaire noir à Bélemnites ? (Dauphiné). Grès anthracitifère (Dauphiné, Tarentaise et Styrie). Système de calcaire et de dolomie, roches foncées inférieurement et à teintes claires supérieurement. Calcaire compacte ou fendillé.	Protogine. Granite. } En amas et filons. Sélagite en amas. Serpentine. } En culots, et filons. Porphyre pyroxénique. Basalte. } En filons, filons-couches et amas.	Gneiss talqueux. Micaschiste quelquefois à Belemnites. Talcschiste quelquefois à Belemnites. Quarzite. Cipolin. Calcaire grenu quelquefois à minéraux.
Système arénacé ammonitifère (Salzbourg). Calcaire à polypiers. Système arenacé. Calcaire et dolomie à teintes blanches. Grès à Fucoïdes et Scaglia. | Suisse. Calcaire du Gatlosen, etc. ? Calcaire du Stockhorn, etc. Couches charbonneuses de Boltigen. Flisch.	Trapp en culots.	Calcaire entrelacé. Dolomie grenue. Calcaire fendillé et cargnieule. Gypse. Sel. Nids de minerais (galène, calamine, etc.).
Formation crétacée. Grès carpathique et d'une grande partie des Apennins avec des calcaires à Nummulites et des Scaglia. | Grès du Niesen. Grès de Gurnigel, des Voirons, etc., avec Scaglia. Grès vert coquillier et calcaire à Diceras. | Grès vert coquillier et calcaire à Dicéras. Système arénacéo-calcaire à Nummulites et Rudistes. | Système à Nummulites. Dépôts de Gosau, etc. | Grès de Ralligen ?	Granite en amas. Diorite. Pyroxène en roche. } En filons ou culots. Porphyre siénitique (dito). Serpentine en filons, en champignons ou culots. Trapp en culots. Porphyre pyroxénique en culots et filons. Basalte en filons et amas.	Gneiss talqueux. Talcschiste. Itabirite. Quarzite. Grès de Taviglianaz. Calcaire entrelacé. Cipolin talqueux. Calcaire grenu. Dolomie. Calcaire fendillé. Cargnieule. Gypse. Sel. Nids de minerais (or, plomb, cuivre, etc.).
Formation tertiaire inférieure (rare). *Formation tertiaire supérieure ou subapennine.* Terrain tertiaire moyen. Terrain tertiaire supérieur (très développé). Dépôts accidentels, fluviatiles et lacustres. Lignite, gypse.	Granite (Predazzo). Diorite (Pyrénées.) Porphyre pyroxénique. Dépôts trachytiques et basaltiques; çà et là alternats de ces produits ignés remaniés avec les couches neptuniennes. Gypse. Sel. Soufre.	Roches argileuses altérées. Grès endurcis, etc. Nids de minerais (or, plomb, etc.).
Alluvions anciennes. Alluvions modernes.	Volcans éteints. Volcans brûlants ou éteints. Lagoni. Salses. Eaux minérales.	Roches altérées près des volcans.

ruption notable? Le manque de continuité provient-il de destructions locales, et quelles en sont les causes probables? Certains terrains manquent-ils sur le revers d'une chaîne, tandis qu'ils sont fort puissants sur le côté opposé? Ou cette inégalité de distribution n'est-elle qu'apparente?

De grands éboulements ou des dépôts plus récents et démantelés ont-ils recouvert les terrains qu'on rechercherait en vain? Un terrain n'est-il indistinct que parce qu'il n'affleure que sur une petite étendue? Dans ce dernier cas, il ne faut rien décider à son sujet, si on ne peut pas le voir mieux développé ailleurs.

Puissance. La différence de puissance d'un terrain dépend-elle de l'inégalité de la surface qu'il recouvre?

Nous ne possédons encore que des notions très imparfaites sur la puissance des terrains dans divers pays. En Angleterre, M. Murchison assigne plusieurs milliers de pieds d'épaisseur aux schistes primaires (intermédiaires) les plus anciens, 6,300 pieds à sa série de grauwacke supérieure, 1,400 au vieux grès rouge, et d'après les autres géologues anglais, le calcaire de montagne aurait de 600 à 900 pieds de puissance, le terrain houiller environ 1,960 pieds; le grès rouge secondaire, 500 p.; le calcaire magnésien, 300 p.; le trias, 300 p.; le système jurassique, 3,000 p.; le système crétacé, 1,220 p.; et le sol tertiaire, 698 p., dont 550 p. appartiendraient à sa partie inférieure.

En Allemagne, d'après M. Hoffmann, la craie aurait 1,700 pieds de puissance, le système jurassique 2,400 p., le zechstein, 100 à 300 p., le trias 2,000 à 2,300 p., savoir, 300 à 600 p. pour le muschelkalk, et au-delà de 708 pour le keuper; le grès rouge et les houillères, 2,590 p., de manière que tout le sol secondaire formerait une épaisseur de 6,020 pieds.

On n'a pas de données positives semblables sur la France, le sol tertiaire semble bien avoir quelquefois au moins 1,000 pieds d'épaisseur, la craie a peut-être la même puissance qu'en Angleterre, le système jurassique a l'air d'être plus épais que dans ce dernier royaume; dans les Ardennes, M. Boblaye estime à 500 mètr. l'épaisseur de ces dépôts, du lias au coralrag inclusivement.

Quant à la puissance des formations de la zone alpine et méditerranéenne, celle des systèmes crétacé et jurassique doit aller à quelques milliers de pieds chacune, et le sol subapennin a plus d'épaisseur que le sol parisien, et atteint probablement quelquefois au-delà de 2,000 pieds.

Niveau des terrains. Quelles sont les différences notables d'élévation qu'atteignent les diverses formations? A quels niveaux s'élèvent, dans une contrée, certains terrains comparativement à ceux qu'ils occupent dans un autre?

Cette recherche conduit à reconnaître les lois d'après lesquelles les forces de soulèvement ou de bouleversement ont agi dans un pays. Plus les terrains ignés ont atteint un niveau élevé, plus la force éruptive a été grande, et plus la hauteur absolue des dépôts stratifiés est grande, plus ils ont été soulevés ou ont éprouvés des mouvements répétés de soulèvements, ce qui conduit naturellement à dire que les chaînes les plus élevées ne sont guère les plus anciennement formées, mais au contraire souvent les dernières qui aient éprouvées des mouvements de bas en haut (1).

En Europe, les schistes cristallins atteignent jusqu'à

---

(1) Voyez mon Mémoire sur l'origine des terrains de l'Europe (*Mém. geol.* et *paléontol.*, p. 12).

14,800 pieds, le sol primaire (intermédiaire), jusqu'au-delà de 7,000 p. (?), le grès pourpré environ 1,800 à 2,370 p.; le calcaire carbonifère, jusqu'à 2,384 p.; le terrain houiller, entre 1,600 et 3,000 p.; le grès rouge secondaire, jusqu'à 3,602 p.; le zechstein, jusqu'à 1,443 p.; le grès bigarré, jusqu'à 1,500 ou 1,800 p.; le muschelkalk, 2,625 p.; le keuper, 2,300 p.; le lias ordinaire, 800 à 1,200 p.; les marnes du lias, 2,400 p.; le sol secondaire inférieur et modifié des Alpes, jusqu'à 12,000 p.; le calcaire jurassique, jusqu'à 5,390 p.; la même formation dans les Alpes, jusqu'au-delà de 11,000 p.; le système crétacé alpin et pyrénéen, jusqu'au-delà de 10,000 p. (Diablerets et le mont Perdu).

Le sol tertiaire occupe en général un niveau qui varie de 300 à 600 et 800 pieds, mais qui s'élève aussi çà et là, à 2,000 p., et, par suite de redressements, jusqu'au-delà de 3,000 et peut-être même à 4,000 dans le Rigi. Si on comprend les blocs erratiques dans les alluvions anciennes, leur niveau s'élèverait au-delà de 4,000 p.; mais en général il n'y a que les alluvions récentes qui remontent dans les vallées de 5,000 à 7,000 p.

Je crois utile d'ajouter sur les points culminants des divers dépôts quelques détails tirés des esquisses orographiques de l'Europe par MM. Olsen et Bruguière.

Schistes cristallins. Système scandinave et de Finlande, point culminant 7,500 p.; élévation moyenne des massifs 2 à 4,000 p.; bases à l'est, 500 à 1,000 p. et à l'ouest zéro. Points culminants en Laponie : le mont Sulitelma 5,800 p.; dans la partie centrale, le mont Snechaetten 7,100 p.; dans la partie méridionale, le Sognefjeld 7,500 p.; plaine Scandinave 120 à 600 p. Finlande, point culminant 1,200 p.

Iles Shetland; points culminants, mont Rona 3,500 p.; île de Lewis (Hébrides) 2,700 p. Écosse, mont

Shehallien 4,040 p. Irlande, point culminant 2,803 p.

France occidentale, point culminant jusqu'à 2,000 p. (?); mont Margaride 5,270 p.; mont de Tarare 4,410 p. Vosges 3,300 p.; la Lozère 4,880 p.; Bressoire 3,810.

Espagne, points culminants, le mont Mulhacen 11,000 p.; Pennas de Europa 8,000 p.; Siérra de Salinas 5,700 p.; Sierra de Guadarama et de Nevada 5 à 6,000 p.; Sierra de Guadeloupe 4,800 p.; Sierra Morena 2,500 p.

Portugal, point culminant, Sierra d'Estrella, 6,000 p.

Allemagne; Forêt noire; point culminant; mont Feldberg 4,600 p.; Thuringerwald Inselberg 2,900 p.; Bohmerwaldgebirge 4,300 p.; Erzgebirge Keilberg 3,700 p.; Riesengebirge 3 à 4,000 p.; Eulengebirge 3,100 p.

Alpes, mont Pelvoux (Dauphiné) 12,612 p.; mont Cenis 8,700 p.; grand St.-Bernard 10,400 p.; Jungfrau 13,000 p.; Fister-Aarhorn 13,200 p.; Grimsel 7,000 p.; mont St.-Gothard 9,500 p.; Oesthalerferner en Tyrol 10,000 p.; mont Brenner 6,300 p.; le grand Glockner 12,500 p.; le Sommering 3,000 p.; Bachgebirge en Styrie 2,880 p.

Dans les Carpathes, le Tatra environ 7,000 p.; Kralova Hola 5,100 p.; montagnes de la Bukowine, mont Kukuraza 4,700 p. En Transylvanie, monts de Fagaras 7,000 p. (?).

En Turquie, le Balkan, hauteur moyenne, 6 à 7,000 p.; point culminant, le mont Orbelos 8,500 p.; le Despoto Dagh 7,200 p. En Grèce, le Pinde 7 à 8,000 p.; le mont Olympe 6,000 p.; le mont Ossa 5,400 p.; le mont Delphi à Negrepont 4,000 p.; le Taygète 7,000 p.

Calabre, l'Aspromonte 6,000 p. — Sicile, environ 2,000 p.; Sardaigne 5,630 p. — Corse, monte Rotondo 8,400 p. — Oural 3500 jusqu'au-delà de 4,000 p.

Sol primaire ancien. Points culminants, Écosse méridionale, mont Hartfell 3,100 p.; Cumberland, mont

Crossfell 3,030 p.; pays de Galles 3,330 p.; Cornouailles entre 1,000 et 1,200 p. Irlande environ 2,000 p.; Bretagne 1,100 p.; Vosges 2,049 p.; Pyrénées, environ ou au-delà de 8,000 p.; Tourmalet 6,756 p.; Espagne occidentale et méridionale au-delà de 4,000 p.; Ardennes 1,500 p.; Hohe-Veen 2,100 p.; Hardt 2,050 p.; Hundsruck 2,000 p.; Taunus, le mont Feldberg 2,650 p.; Harz près de 2,000 p.; Frankenwald et Erzgebirge 2,600 p.; Sudetes 3,000 p.; Alpes orientales 2 à 3,000 p.; Bleiberg, en Carinthie, 2,400 p.

Grès vosgien. Donon 3,140; ballon de Servance 3,726.

Grès bigarré. Sollingerwald 1,570 p.; mont Spessart 1,900 p.

Muschelkalk. Mont Ettersberg, en Thuringe, 1,500 p.; Wurzbourg 1,900 p.; Eichfeld 1,000 p.

Keuper. Mont Seeberg (Gotha) 1,200 p.; près de Baden (Suisse) 1690 p.

Système secondaire inférieur dans les Alpes. Mont Oertler en Tyrol, 12,100 p.; le Dodi 11,400 p.; col du Leobel, en Carinthie 4,150 p.; mont Ulrichsberg (Klagenfurt), 3,072 p. Saint-Johann, en Tyrol 1,884 p. et au delà.

Lias. Langres 1,580 p.; Côte-d'Or 1,710 p.; mont du Morven 1,200 p.; Alpes du Dauphiné 6,650 p.; Tarentaise 6,700 p.; Eisenhut en Styrie 7,450 p.

Calcaire jurassique. Wesergebirge 6 à 800 p.; Teutoburgerwald 1,440 p.; Rauhe, Alpe du Wurtemberg 3,160 p.; l'Ardenne 2,000 p.; Jura Français et Suisse, hauteur moyenne, 3 à 4,000 p.; Reculet 5,390 p.; chaîne de Bakony, en Hongrie 2,000 p.; Grand Sasso d'Italia, dans les Abruzzes 9,000 p.; monte Velino 7,700 p.; Madonie en Sicile 6,100 p.; Sierra de Gada, Espagne 6,200 p.; Serrania de Ronda 3,080 p.; Iles Baléares 4,700 p.; Grèce 4 à 6,000 p.; le Tchatyrdagh (Crimée) 4,740 p.

Système jurassique inférieure des Alpes, au delà de 6,000 p.; en Suisse, Albula 7,236 p. Marmelata en Tyrol 10,000 p.; Terglou 9,400 p.; Villacher Alpe 7,500 p.; Dachstein, en Autriche 9,000 p.; mine de sel de Hall (Tyrol) 6,336 p.

Grès à Fucoïdes. Molesson en Suisse 6,200 p.; Kahlengebirge en Autriche 1,000 à 1,200 p.; Babia-Gora dans les Carpathes 5,000 p.; Apennins, Bocchetta 2,370 p.; Pietra Mala 3,000 p.; monte Sibillo 6,800 p.; monte Vetore 7,630 p.; Ile-d'Elbe 3,000 p.; Pyrénées au-delà 3,000 p.; mont Serrat, en Espagne 3,800 p.

Grès vert. Heuscheuer, en Silésie 2,856 p.; en Saxe 1,340 p.; forêt d'Argonne 1,200 p.; Angleterre 1,011 p.; Italie, Nocera (Apennins) 1,590 p.

Craie. Harz 600 p.; France 1,200.

Système crétacé des Alpes et des Pyrénés. Grande Chartreuse 6,400 p.; Sainte-Baume 2,688 p.; Alpines 2,000 p.; Leberon 3,000 p.; mont Ventoux 6,000 p.; Buet 9,800 p.; Diablerets 10,000 p.; Pilate 6,800 p.; Sentis 7,700 p.; Grundten au-delà de 7,000 p.; Karst (Trieste) 1,300 p.; mont Capella (Croatie) 3,000 p.; mont Perdu 10,300 p.

Sol tertiaire. Bassin de Londres 600 p. Bassin de l'Allemagne septentrionale 200 à 600 p.—En France, bassin Parisien 800 p.; bassins d'Auvergne, Pont du château 966 p.; Puy Crouelle 1,344 p.; bassin du S.-O. de la France 400 à 1,000 p.; bassins de Provence, Gardanne 408 p.; —Bassin de la Suisse, Genève 1,220 p.; Jorat 3,900 p.; Berne 1,700 p.; Rigi 4,500 p.; Albis 2,514 p.; bassin du Rhin 800 p.; bassin de la Bavière, Ulm 1,434 p.; Peissenberg 3,000 p.; Kempten 2,120 p.; Memmingen 1,880 p.; Auguste 1,470 p.; Munich 1,584 p.; Salzbourg 1,404 p. Bassin de la Haute-Autriche, Linz 670 p.; Wolfsegg environ 2,000 p.; Bassin de Vienne, Vienne

450 p.; Bassin de Hongrie, Pest 300 p.; Raab 370 p.; Bassin de la Carinthie, Klagenfurt 1,350 p. Bassin de la Gallicie 500 à 800 p. Bassin de Bohême, de 200 à 1,200 p. —En Italie, bassin du Bellunois, Bellune 1,240 p.; Feltre 900 p.; Bassin de la Lombardie 200 p., jusqu'à environ 3,000 p.; Superge 2,070 p.; Bolca 2,970 p.; Bassins de Ligurie, Cadibone 1,002 p.; Bassins de Toscane, Sienne 1,020 p.; Arezzo 800 p.; Bassin de Rome, environ 400 p.; Bassin de Sicile, plus de 2,000 p.—Bassins d'Espagne, Barcelone, mont Jouy 630 p.; Bassin de Baza 2,240 p.; Madrid 2,000 p.; Burgos 2,600 p.—Bassins de la Grèce, de 500 à 1,800 p., et dans ce dernier cas, au moyen de poudingues tertiaires redressés.

Calcaire d'eau douce supérieur, Paris 600 p.; Angleterre 400 p.; Locle (Suisse) 1,050 mètres; Autriche 6 à 700 p.; Toscane au-delà de 1,000 p.

Granite. Points culminants en Écosse, Ord of Caithness 1,170 p.; Cairn Gorum 3,900 p.; Goat fell (île d'Arran) 2,700 p. Irlande, monts Mourne 2,630 p.; Cornouailles 1368 p. France, base des Puys de Dômes, au-delà de 3,000 p.; mont Bérard 8,088 p.; col de la Bérarde 10,218 p.; Maladetta aux Pyrénées 10,600 p.; Vosges 3,870 à 4,360 p. (ballon d'Alsace); Champ du feu 3,318 p.; Allemagne, Melibokus dans l'Odenwald 1,600 p.; le Broken au Harz 3,500 p.; l'Ochsen Kopf, dans le Fichtelgebirge 3,300 p.; le Schneekoppe, au Riesengebirge, 5,000 p.; Weissgebirge, dans les Carpathes, plus de 2,000 p.; Fatra 5,300 p.; Tatra, Pic de Lomnitz 8,000 p.; dans les Alpes, Mittelwald, 2,562 p.; monts de Baveno, environ 3,000 p.; Cimadasta 8,628 p.

Siénite. Écosse, Criffel 1720 p.; Angleterre, mont Malvern 1,444 p.; Dresde environ 7 à 800 p.; montagnes de Schemnitz, Hongrie, environ 2,300 p.

Roches amphiboliques. Mont Taberg, en Suède, 1,050 p.; Kinnekulle 946 p., etc.

Sélagite. Mont Cuchullin dans l'île de Sky, 2,400 p.

Euphotide et serpentine. Mont Rose 14,300 p.; mont Viso 11,800 p.; Zobten en Silésie 2,250 p.; Écosse et Ligurie quelques centaines de pieds.

Porphyre. Écosse, Ben Nevis 4,100 p.; monts Ochills 2,230 p.; monts Peutland 1,600 p.; mont Cheviots 2,500 p. Norwège 3 à 4,000 p. France, montagnes du Forez 2 à 3,000 p.; l'Estrelle 3,000 p.; Allemagne, mont Petersberg, près de Halle, 900 p., près de Dresde et Tharandt entre 600 à 1,000 p.; dans l'Erzgebirge, environ 2,500 p.

Trachyte. Sept montagnes sur le Rhin 1,660 p.; Puy de Dôme 4,450 p.; mont Dore 5,900 p.; Plomb du Cantal 5800 p.; monts Euganéens 1,800 p. Matra en Hongrie 3,100 p.; montagnes de Vihorlet 3,300 p.; mont Keliman et Margitta en Transylvanie 7 à 8,000 p.; Toscane, Monte Amiata 5,370 p.; Felicudi 2,850 p.; mont Epomeo (Ischia) 2,258 p.; Lipari 930 p.; mont St.-Élie (Égine) 2,400 p.; Elbrouz 12,000 p.; Ararat 16,254 p.

Phonolite. Mezenc 5,400 p.; Hohentwiel, près de Schaffhouse 2,172 p.; Gleichberg (Rhongebirge) 2,250 p.

Trapp. Alpes au-delà de 4 et 6,000 p.

Porphyre pyroxénique. Tyrol au-delà de 6,000 p.; Predazzo 3108 p.

Roches basaltiques. Feroe, Slattare Tind 2,710 p.; île de Mull, Ben More 2,900 p.; Eifel, Hoch Acht 2,660 p.; Westerwald 2,600 p.; Habichtswald 1,500 p.; Meissner 2,270 p.; Vogelsgebirge 2,300 p.; Rhongebirge 2,800 p.; Mittelgebirge 2,500 p.; Käiserstuhl 1,700 p.; montagnes du Vicentin environ 2,000 p.; Albano 1,230 p.

Basalte en culots ou filons, près d'Eisenach (Saxe) 1224 p.; Eisenruttel sur l'Alp du Wurtemberg 2,460 p.; Katzenbuckel (Bade) 1,880 p.; Schneekuppe, dans le

Riesengebirge près de 5,000 p.; collines de Rome 180 p.

Volcans éteints. Agde quelques centaines de pieds; Beaulieu 1,380 p.; Pariou 3,862 p.; mont Vultur 1,446 p.

Volcans. Islande, Orafi Jokull 6,000 p.; Etna 10,300 p.; la Somma 3,500 p.; Vésuve 3,700 p.; Stromboli 2,200 p.; Vulcano 2,400 p.

Ressemblance d'un terrain avec un autre dans des pays éloignés. Des terrains semblables dans des contrées voisines semblent-ils se lier naturellement? Quelles ressemblances remarquables observe-t-on entre les terrains semblables de contrées distantes l'une de l'autre? Les analogies sont-elles générales ou se laissent-elles poursuivre dans les détails? La différence repose-t-elle sur l'absence de membres individuels, et non pas sur des contrastes dans la série des dépôts, ou des diversités dans la nature des roches ou de leurs fossiles?

Richesse minérale. Y a-t-il des nids, des amas, des réseaux de petits filons ou des filons de minéraux ou de minerais? Quelle est leur allure? etc.

§ II. Dépôts locaux.

Les *dépôts locaux* sont des accidents souvent très intéressants. Lorsqu'ils sont composés de roches stratifiées, ils sont marins ou d'eau douce, ou bien des dépôts de delta ou de mélanges de produits marins terrestres et d'eau douce. Toutes les masses ignées rentrent dans la classe des dépôts plus ou moins locaux.

La détermination de l'âge de ce genre de dépôts neptuniens n'est embarrassante que pour ceux qui sont superficiels et qui appartiennent aux formations alluviales ou tertiaires. Il faut appeler dans ce cas à son secours tous les caractères accessoires; les accidents paléontologiques, tels que des débris de grands animaux, etc., peuvent être quelquefois utiles, sinon pour fixer mathématique-

ment leur âge, mais au moins pour donner une idée approximative de l'époque de formation des dépôts locaux récents.

Pour les roches ignées, si on ne peut vérifier leur position, il faut recourir à des comparaisons avec d'autres contrées; mais cela exige du tact, de l'expérience et des connaissances.

Il faut voir si les dépôts locaux d'une contrée offrent ou n'offrent pas tous le même caractère, ou si de pareilles couches s'y trouvent tout-à-fait isolées dans un point pour ne se rencontrer qu'à des distances extrêmement considérables.

Un bon exemple d'un dépôt local fluviatile nous est offert par certains bancs du système carbonifère d'Édimbourg, en Écosse, dans lesquels on a découvert des ossements de reptiles et de poissons, des entomostracées et des végétaux terrestres. Les couches dites de la forêt de Tilgate dans le grès vert de l'Angleterre méridionale sont un exemple de dépôt de delta.

Les couches si pleines de fossiles à Oeningen, près de Stein (C. de Schaffshouse), sont un dépôt local dans la molasse supérieure; celles à poissons et insectes de Nicolschitz en Moravie, de Radeboy et de Sinigaglia, sont des dépôts semblables appartenant à la formation subapennine.

Le calcaire d'eau douce ossifère et coquillier de Steinheim, en Wurtemberg, et de Georgegmund, en Bavière, et le calcaire siliceux d'eau douce du Locle (Neufchâtel) sont des dépôts locaux lacustres.

Le travertin coquillier de Tolz, d'Erding, etc., en Bavière, celui de la cascade de Terni, etc., sont des dépôts locaux d'alluvions plus ou moins anciennes.

FIN DU TOME PREMIER.

TABLE

DES CHAPITRES ET ARTICLES

DU TOME PREMIER.

SECONDE PARTIE.

TROISIÈME PARTIE.

FIN DE LA TABLE DU TOME PREMIER.

ERRATA.

Page 2, ligne 25, au lieu de conforme, *lisez* conformes.
48, ligne 25, au lieu d'argent, *lisez* d'Argand.
49, ligne 3, au lieu de 2 ℥ de fluate, *lisez* 2 ℥.
49, ligne 17, au lieu de magnésie, *lisez* manganèse.
64, ligne 26, au lieu de colorées, *lisez* coloriées.
95, ligne 31, au lieu de arrête, *lisez* n'arrête.
144, ligne 22, au lieu de agit, *lisez* agi.
175, les facteurs étant en trop petits caractères, je crois utile de les répéter ici : $\frac{1}{2800}$ $\frac{1}{2799}$ $\frac{1}{2798}$ $\frac{1}{2797}$

Dernière ligne, 1780, *lisez* 2780.
179, ligne 23, 376, *lisez* 375.
387, ligne 13, 0,61, *lisez* 0,71.
384, cirripides, *lisez* cirrhipèdes.
385, ligne 30, camacés, *lisez* chamacés.
179, Je répète ici les facteurs qui sont en caractères trop peu distincts.

$\frac{1}{351}$ $\frac{1}{358}$ $\frac{1}{375}$ $\frac{1}{407}$ $\frac{1}{450}$ $\frac{1}{548}$ $\frac{1}{705}$ $\frac{1}{1030}$ $\frac{1}{2030}$ $\frac{1}{2030}$ $\frac{1}{1030}$ $\frac{1}{705}$ $\frac{1}{548}$ $\frac{1}{460}$ $\frac{1}{407}$ $\frac{1}{575}$ $\frac{1}{358}$ $\frac{1}{351}$

430, ligne 9, Loch, *lisez* Loc.
432, ligne 27, Loch, *lisez* Loc.

